



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

## Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

## À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>















**ANNALES**

**TÉLÉGRAPHIQUES**

---

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

---

ANNALES  
TÉLÉGRAPHIQUES

---

TROISIÈME SÉRIE

---

TOME XVI

---

Année 1889

---

PARIS

V<sup>VE</sup> CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES  
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, 49

1889

RECEIVED  
JAN 15 1890  
LIBRARY  
OF THE  
BUREAU OF THE  
NAVY

- 18089.



NEW YORK







































































































secret de leurs correspondances téléphoniques vis-à-vis les uns des autres.

Divers moyens furent d'abord tentés qui ne donnèrent pas de résultats satisfaisants.

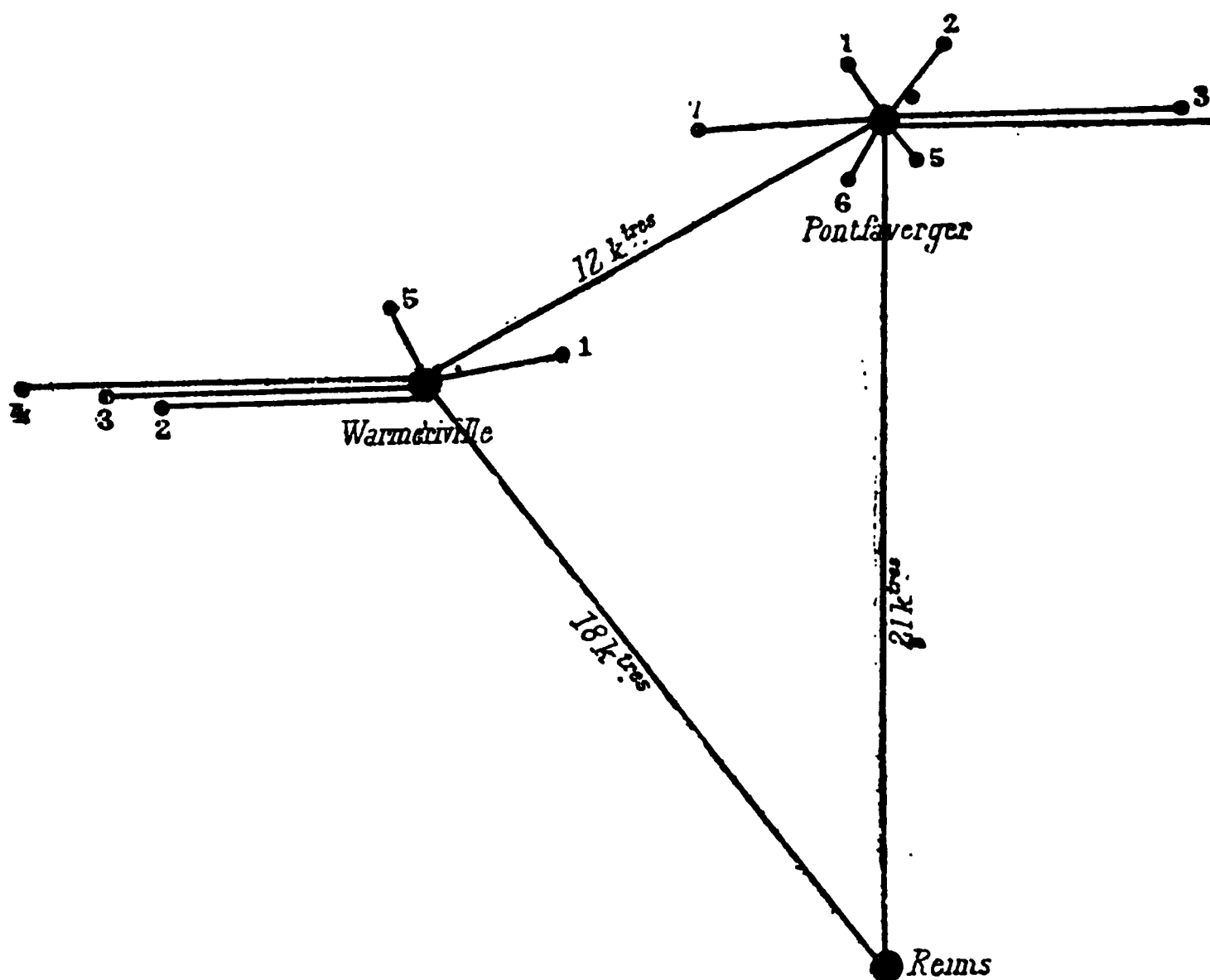


Fig. 1.

Or, en raison même de leurs occupations, les abonnés de ces réseaux ne correspondent point entre eux, et communiquent uniquement avec Reims et leurs maisons de commerce installées dans cette ville ; lorsqu'une conversation s'échange avec Reims, les autres abonnés du groupe doivent attendre leur tour pour utiliser la ligne.

La solution naturelle des difficultés dues au voisinage des fils consistait donc à *couper*, pendant les conversations, les lignes sur lesquelles l'induction se



munication avec Reims à l'un des abonnés précités, on accroche sur le ou les crochets correspondant aux lignes voisines, une clé qui puise dans une pile spéciale un courant négatif assez fort pour faire fonctionner les rappels et maintenir les languettes écartées des vis butoirs n° 1.

Ces appareils fonctionnent depuis un an à l'entière satisfaction des abonnés, et n'ont jamais occasionné de dérangements.

La solution adoptée n'est pas d'une application générale; elle fournit simplement, pour un cas particulier, un expédient utile.

25 janvier 1889.

E. MASSIN.

---





































































































































discipline du service, communications à longues distances, etc., autant de questions d'ordre essentiellement pratique, dont la réponse ne saurait être trouvée que par une étude persistante. Et si les difficultés s'amoncellent de plus en plus nombreuses, de plus en plus ardues, n'est-ce point le cas de rappeler ce mot si frappant de Gounelle : *On ne peut séparer la théorie de la pratique ; sans la première, on marche en aveugle, sans la seconde, on ne marche pas*

(A suivre.)

---





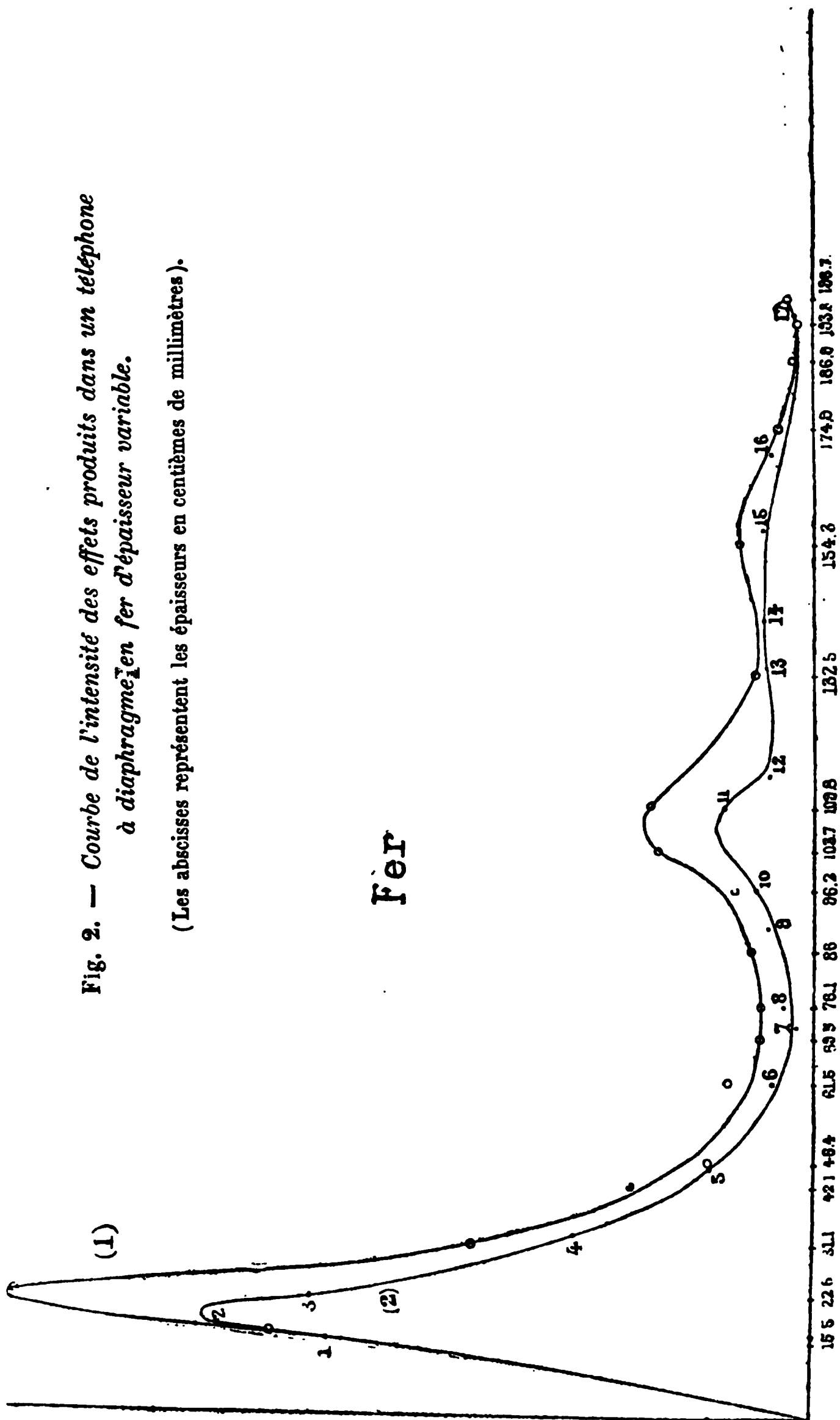




Fig. 2. — Courbe de l'intensité des effets produits dans un téléphone  
à diaphragme en fer d'épaisseur variable.

(Les abscisses représentent les épaisseurs en centièmes de millimètres).

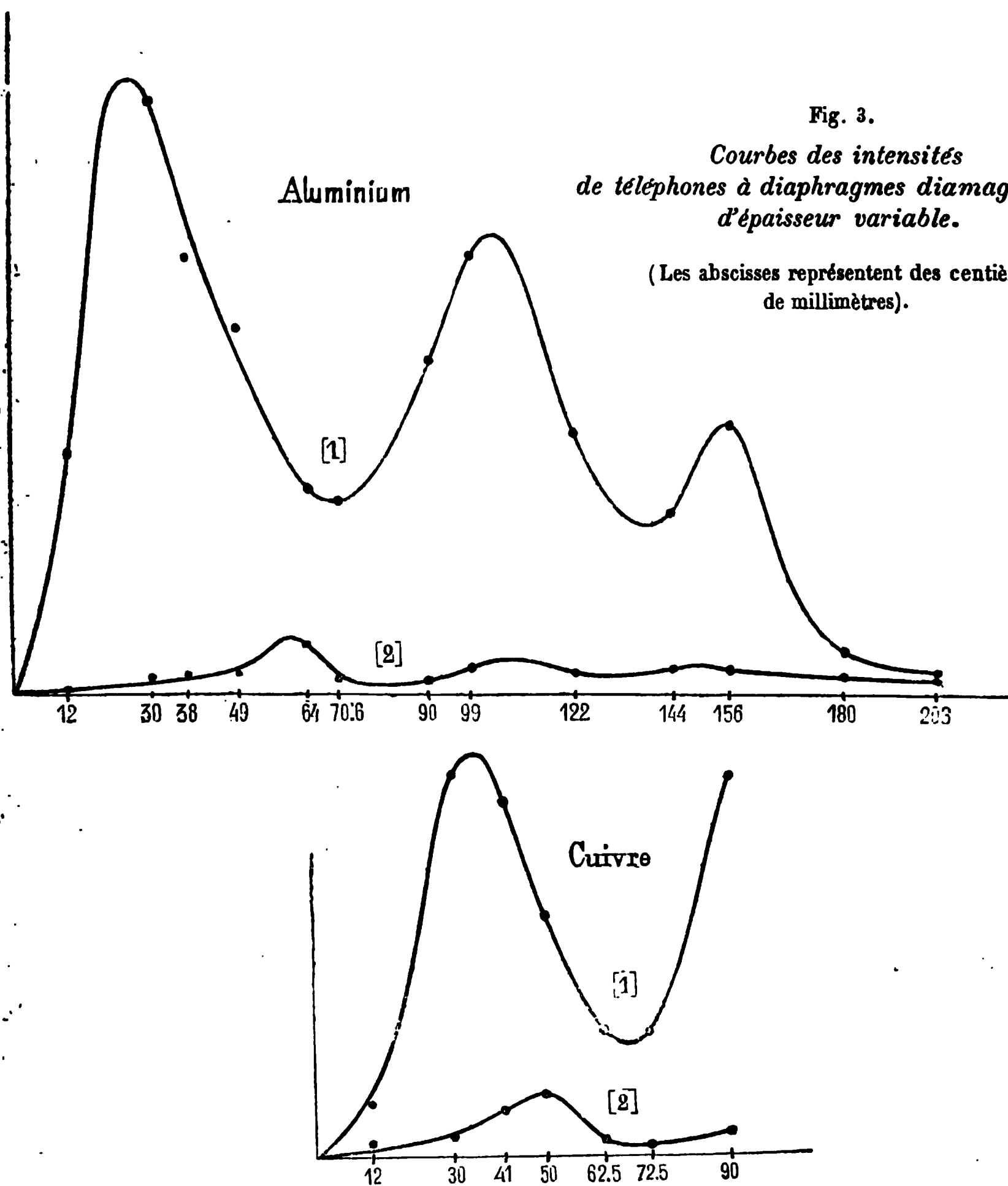
Fer





de représentation ont été appliqués avec des diaphragmes en métaux diamagnétiques.

*Expériences avec des diaphragmes en aluminium et*



*en cuivre.* — La courbe ci-dessus [1], relative à l'aluminium, résulte d'expériences faites avec treize diaphra-



























3° Le nombre des torsions qu'on peut faire sur lui-même, avant rupture, sur un fil de 3 millimètres est le même qu'il soit en fer homogène ou en fer ordinaire. Ce fait est très important puisqu'il montre qu'on peut, avec le fer homogène, faire des fils aussi souples qu'avec l'autre.

### III.

Ce qui précède était déjà imprimé en épreuves, au moment où je venais de terminer des expériences tout à fait semblables sur des fils d'acier galvanisés, dont fait usage l'administration pour quelques lignes téléphoniques. Il me paraît utile d'en faire connaître sommairement le résultat. J'ai opéré sur cinq échantillons différents, provenant, je crois, de la même usine ; leurs diamètres respectifs étaient :

2<sup>mm</sup>,05

2<sup>mm</sup>,08

2<sup>mm</sup>,00

2<sup>mm</sup>,03

1<sup>mm</sup>,97

Pour chacun d'eux, j'ai opéré sur une longueur de 104 mètres et j'ai obtenu pour  $\alpha$  les valeurs respectives suivantes :

0,00236

0,00269

0,00348

0,00347

0,00302

dont la moyenne est 0,00317.

Ce nombre peut être pris pour coefficient de variation de résistance électrique de ce fil d'acier, pour une









deux équations du problème sont alors

$$\begin{aligned} -\frac{\partial V}{\partial x} &= Ri + L \frac{\partial i}{\partial t}, \\ -C \frac{\partial V}{\partial t} &= \frac{\partial i}{\partial x}. \end{aligned}$$

## II.

Supposons maintenant que l'on mette le point A, au temps  $t=0$ , en communication avec un appareil produisant un potentiel  $W=F(t)$ .

Les conditions du problème seront alors

$$\begin{aligned} &\text{pour } x=0, & V &= W & \left\{ \begin{array}{l} \text{quel que soit } t; \\ \text{pour } x=l, & V &= 0 \end{array} \right. \\ &\text{pour } t=0, & V &= 0 & \text{(sauf au point } x=0) \\ &\text{et} & i &= 0, & \text{quel que soit } x. \end{aligned}$$

Nous poserons donc

$$\frac{V}{W} = 1 - \frac{x}{l} - 2 \sum_1^{\infty} \frac{\varphi_n(t)}{n\pi} \sin \frac{n\pi x}{l}.$$

Pour  $x=0$ , et pour  $x=l$  on a  $\sin \frac{n\pi x}{l} = 0$ ; donc les deux premières conditions sont satisfaites. D'autre part, pour  $t=0$ , on doit avoir  $V=0$ , sauf au point A où l'on a  $V=F(0)$ . Or ces conditions sont remplies par la fonction

$$\frac{V_0}{W_0} = 1 - \frac{x}{l} - 2 \sum_1^{\infty} \frac{1}{n\pi} \sin \frac{n\pi x}{l}.$$

Donc on doit avoir  $\varphi_n(0) = 1$ .

Posons

$$W(1 - \varphi_n) = \psi_n.$$

on devra avoir  $\varphi_n(0) = 1$ , par conséquent

$$\psi_n(0) = 0.$$

D'autre part, pour  $t=0$ , on doit avoir  $i=0$ , quel que soit  $x$ , donc  $\frac{\partial i}{\partial x}=0$ , ou encore  $\frac{\partial V}{\partial t}=0$ .

Or

$$V = W \left(1 - \frac{x}{l}\right) - 2 \sum_1^{\infty} \frac{W \varphi_n}{n \pi} \sin \frac{n \pi x}{l}.$$

De plus, en tout point, sauf en l'origine, on a

$$1 - \frac{x}{l} - 2 \sum_1^{\infty} \frac{1}{n \pi} \sin \frac{n \pi x}{l} = 0.$$

Donc en substituant, on aura

$$V = 2 \sum_1^{\infty} \frac{W}{n \pi} (1 - \varphi_n) \sin \frac{n \pi x}{l},$$

ou encore

$$V = 2 \sum_1^{\infty} \frac{\psi_n}{n \pi} \sin \frac{n \pi x}{l}.$$

Donc

$$\frac{\partial V}{\partial t} = 2 \sum_1^{\infty} \frac{1}{n \pi} \frac{d\psi_n}{dt} \sin \frac{n \pi x}{l},$$

et pour  $t=0$ , on doit avoir  $\frac{\partial V}{\partial t}=0$ , c'est-à-dire

$$\left[ \frac{d\psi_n(t)}{dt} \right]_0 = 0.$$

Satisfaisons maintenant à l'équation différentielle on a

$$\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = 2 \sum_1^{\infty} \frac{1}{n \pi} \frac{d^2 \psi_n}{dt^2} \sin \frac{n \pi x}{l}$$

et

$$\frac{1}{W} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = 2 \sum_1^{\infty} \frac{n \pi}{l^2} \varphi_n(t) \sin \frac{n \pi x}{l},$$

ou

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = 2 \sum_1^{\infty} \frac{n \pi}{l^2} (W - \psi_n) \sin \frac{n \pi x}{l}.$$

L'équation différentielle doit être satisfaite, quel que



soit  $x$ , donc

$$\frac{n^2 \pi^2}{l^2} W = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \psi_n + CR \frac{d\psi_n}{dt} + CL \frac{d^2 \psi_n}{dt^2}.$$

C'est une équation différentielle du second degré qui s'intégrera en général aisément.

Supposons, par exemple, que l'on puisse développer  $W$  en une série de la forme

$$W = \sum_0^\infty \beta_m e^{\delta_m t},$$

et désignons par  $\alpha_n$  et  $\alpha'_n$  les racines de l'équation

$$CL\alpha^2 + CR\alpha + \frac{n^2 \pi^2}{l^2} = 0,$$

par  $A_n$  et  $A'_n$  deux constantes arbitraires, et par  $B_m$  un coefficient à déterminer.

Nous poserons

$$\psi_n = A_n e^{\alpha_n t} + A'_n e^{\alpha'_n t} + \sum_0^\infty B_m e^{\delta_m t}.$$

En substituant dans l'équation en  $\psi_n$ , il viendra alors, toutes réductions faites,

$$CL B_m \delta_m^2 + CR B_m \delta_m + \frac{n^2 \pi^2}{l^2} B_m = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \beta_m.$$

D'où l'on tire

$$B_m = \frac{\beta_m}{\frac{l^2}{n^2 \pi^2} (CL \delta_m^2 + CR \delta_m) + 1}.$$

On aurait alors

$$\psi_n(t) = A_n e^{\alpha_n t} + A'_n e^{\alpha'_n t} + \sum_0^\infty \frac{\beta_m e^{\delta_m t}}{1 + \frac{CL \delta_m^2}{n^2 \pi^2} (L \delta_m + R)}.$$

Les deux constantes  $A_n$  et  $A'_n$  seraient déterminées par les conditions initiales,

$$\begin{aligned} \psi_n(0) &= 0, \\ \left( \frac{d\psi_n}{dt} \right)_0 &= 0; \end{aligned}$$

soit

$$A_n + A'_n + \sum_0^\infty \frac{\beta_m}{1 + \frac{Cl^2\delta_m}{n^2\pi^2} (L\delta_m + R)} = 0,$$

$$A_n \alpha_n + A'_n \alpha'_n + \sum_0^\infty \frac{\beta_m \delta_m}{1 + \frac{Cl^2\delta_m}{n^2\pi^2} (L\delta_m + R)} = 0.$$

Le problème est donc résolu en ce qui concerne V. On en déduirait  $\frac{\partial V}{\partial x}$ , et par suite  $i$  au moyen de l'équation

$$L \frac{\partial i}{\partial t} + Ri = - \frac{\partial V}{\partial x}.$$

Cette intégration entraînerait l'adjonction d'une fonction arbitraire  $f(x)$ , qui serait immédiatement déterminée par la condition  $i=0$ , pour  $t=0$ .

Nous laisserons là le cas général pour prendre le cas particulier des courants téléphoniques.

### III.

Supposons donc  $W = E \sin mt$ .

On aura alors, en conservant les notations précédentes,

$$\psi_n = A_n e^{\alpha_n t} + A'_n e^{\alpha'_n t} + B_n \sin mt + B'_n \cos mt.$$

L'équation différentielle devant être satisfaite quel que soit  $t$ , on annulera les coefficients de  $\sin mt$  et  $\cos mt$ , ce qui donne

$$-CLB_n m^2 - CRB'_n m + \frac{n^2\pi^2}{l^2} B_n = E \frac{n^2\pi^2}{l^2},$$

$$-CLB'_n m^2 + CRB_n m + \frac{n^2\pi^2}{l^2} B'_n = 0.$$

D'où l'on tire

$$B_n = \frac{\frac{n^2 \pi^2}{l^2} - CL m^2}{\left(\frac{n^2 \pi^2}{l^2} - CL m^2\right)^2 + C^2 r^2 m^2} \frac{n^2 \pi^2}{l^2} E,$$

$$B'_n = \frac{-CR m}{\left(\frac{n^2 \pi^2}{l^2} - CL m^2\right)^2 + C^2 r^2 m^2} \frac{n^2 \pi^2}{l^2} E.$$

Posons, pour simplifier l'écriture,

$$CR m = \beta,$$

$$CL m^2 = \gamma,$$

$$\frac{n^2 \pi^2}{l^2} = \varepsilon.$$

Nous aurons

$$B_n = \frac{\varepsilon - \gamma}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \varepsilon E,$$

$$B'_n = \frac{-\beta}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \varepsilon E.$$

D'ailleurs les conditions initiales donnent les deux équations

$$A_n + A'_n + B'_n = 0,$$

$$A_n \alpha_n + A'_n \alpha'_n + m B_n = 0.$$

D'où l'on tire

$$A_n = \frac{-\beta \alpha'_n - m(\varepsilon - \gamma)}{[(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2] (\alpha_n - \alpha'_n)} \varepsilon E,$$

$$A'_n = \frac{m(\varepsilon - \gamma) + \beta \alpha_n}{[(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2] (\alpha_n - \alpha'_n)} \varepsilon E;$$

et en résumé on a

$$\psi_n = \frac{\varepsilon E}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \left\{ \begin{aligned} & \frac{[-\beta \alpha'_n - m(\varepsilon - \gamma)] e^{\alpha_n t}}{\alpha_n - \alpha'_n} \\ & + \frac{[m(\varepsilon - \gamma) + \beta \alpha_n] e^{-\alpha'_n t}}{\alpha_n - \alpha'_n} \\ & + (\varepsilon - \gamma) \sin mt - \beta \cos mt \end{aligned} \right\}.$$

On a d'ailleurs

$$\left. \begin{matrix} \alpha_n \\ \alpha'_n \end{matrix} \right\} = -\frac{R}{2L} - \left( 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4n^2\pi^2 L}{CR^2 l^2}} \right).$$

Posons pour simplifier l'écriture,

$$\begin{aligned} T &= \frac{L}{R}, \\ \theta &= l\sqrt{CL}, \\ \delta &= 2\pi \frac{T}{\theta}, \\ u &= \frac{t}{2T}. \end{aligned}$$

Nous aurons alors

$$\left. \begin{matrix} \alpha_n \\ \alpha'_n \end{matrix} \right\} = -\frac{1}{2T} (1 \pm \sqrt{1 - n^2 \delta^2}).$$

Ces racines peuvent être réelles ou imaginaires. Pour qu'elles soient réelles, il faut que l'on ait  $1 - n^2 \delta^2 > 0$  ou  $n\delta < 1$ , comme  $n \geq 1$ , il faut donc que  $\delta < 1$ .

Si donc  $\delta > 1$ , toutes les racines seront imaginaires. Si  $\delta < 1$ , il y aura un nombre  $n_0$  tel que  $n_0 - 1 < \frac{1}{\delta} < n_0$ , et alors pour  $n < n_0$ , les racines seront réelles, pour  $n \geq n_0$ , elles seront imaginaires.

Étudions d'abord le cas où  $\delta > 1$ . Toutes les racines sont imaginaires; désignons par  $j$  le symbole des imaginaires, et posons

$$n^2 \delta^2 - 1 = \rho^2.$$

Il en résultera

$$\left. \begin{matrix} \alpha_n \\ \alpha'_n \end{matrix} \right\} = -\frac{1}{2T} (1 \pm j\rho).$$

D'où

$$\psi_n = \frac{\varepsilon E}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \left\{ \begin{aligned} & \left[ -\frac{\beta}{2T} (\rho j - 1) - m(\varepsilon - \gamma) \right] \frac{e^{-u(1+\rho j)}}{-\frac{j\rho}{T}} \\ & + \left[ m(\varepsilon - \gamma) - \frac{\beta}{2T} (\rho j + 1) \right] \frac{e^{-u(1-\rho j)}}{-\frac{j\rho}{T}} \\ & + (\varepsilon - \gamma) \sin mt - \beta \cos mt \end{aligned} \right\}.$$

On voit immédiatement que ceci peut s'écrire

$$\psi_n = \frac{\varepsilon E}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \left\{ \begin{aligned} & + e^{-u} \left[ + \beta \cos \rho u - \frac{2m(\varepsilon - \gamma)T - \beta}{\rho} \sin \rho u \right] \\ & + (\varepsilon - \gamma) \sin mt - \beta \cos mt \end{aligned} \right\}.$$

Il suffirait de substituer dans l'expression de  $V$  pour avoir sa valeur, bien facile à calculer.

Mais ce qui nous importe, c'est  $i$ ,

$$-\frac{1}{W} \frac{\partial V}{\partial x} = \frac{1}{l} + 2 \sum_1^\infty \frac{\varphi_n(t)}{l} \cos \frac{n\pi x}{l};$$

donc

$$\begin{aligned} -\frac{\partial V}{\partial x} &= \frac{W}{l} + \frac{2}{l} \sum_1^\infty (W - \psi_n) \cos \frac{n\pi x}{l} = Ri + L \frac{\partial i}{\partial t}, \\ Ri + L \frac{\partial i}{\partial t} &= \frac{E}{l} \left[ \sin mt + 2 \sum_1^\infty \left( \sin mt - \frac{\psi_n}{E} \right) \cos \frac{n\pi x}{l} \right]. \end{aligned}$$

Posons

$$i = Ke^{-\frac{R}{L}t} = Ke^{-2u}.$$

Il viendra alors

$$\frac{\partial K}{\partial t} = \frac{E}{Ll} e^{2u} \left[ \sin mt + 2 \sum_1^\infty \left( \sin mt - \frac{\psi_n}{E} \right) \cos \frac{n\pi x}{l} \right].$$

On a d'ailleurs

$$\begin{aligned} t &= 2Tu, \\ dt &= 2Tdu. \end{aligned}$$

Donc en désignant par  $K'$  une fonction de  $x$  seule-

ment, on aura

$$K = K' + \frac{E}{Ll} \left\{ \int e^{2u} \sin 2mTu \times 2T du + 2 \sum_1^\infty \cos \frac{n\pi x}{l} \right. \\ \left. \times 2T \left( \int e^{2u} \sin 2mT u du - \int e^{2u} \frac{\psi_n}{E} du \right) \right\}.$$

On sait d'ailleurs que

$$\int e^{au} \sin bu du = \frac{e^{au}}{a^2 + b^2} (a \sin bu - b \cos bu),$$

$$\int e^{au} \cos bu du = \frac{e^{au}}{a^2 + b^2} (b \sin bu + a \cos bu).$$

Par suite, on aura

$$\int e^{2u} 2T \sin 2mT u du = \frac{T e^{2u}}{1 + m^2 T^2} (\sin mt - mT \cos mt),$$

$$\int e^u \cos \rho u = \frac{e^u}{1 + \rho^2} (\rho \sin \rho u + \cos \rho u),$$

$$\int e^u \sin \rho u = \frac{e^u}{1 + \rho^2} (\sin \rho u - \rho \cos \rho u),$$

et en somme

$$\int \frac{\psi_n}{E} e^{2u} du = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \left\{ + \frac{e^u}{1 + \rho^2} \left[ \frac{\beta(1 + \rho^2) - 2mT(\varepsilon - \gamma)}{\rho} \sin \rho u \right. \right. \\ \left. \left. + 2m(\varepsilon - \gamma)T \cos \rho u \right] + \frac{e^{2u}}{2(1 + m^2 T^2)} \left\{ (e - \gamma - \beta mT) \sin mt \right. \right. \\ \left. \left. - [\beta + mT(\varepsilon - \gamma)] \cos mt \right\} \right\}$$

Nous aurons donc

$$K = K' + \frac{E}{Ll} \left\{ \frac{T e^{2u}}{1 + m^2 T^2} (\sin mt - mT \cos mt) \right. \\ \left. + 2\beta T e^{2u} \sum_1^\infty \frac{\cos \frac{n\pi x}{l}}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \left[ \beta \sin mt + (\varepsilon - \gamma) \cos mt \right. \right. \\ \left. \left. - e^{-u} \left[ \frac{\varepsilon + \gamma}{\rho} \sin \rho u + (\varepsilon - \gamma) \cos \rho u \right] \right] \right\}$$

D'ailleurs pour  $t = 0$ , on doit avoir  $i = 0$ , et, par suite,  $K = 0$ .

Donc

$$K' = \frac{mET}{Rl(1 + m^2 T^2)};$$

on en conclut

$$= \frac{E}{Rl} \left\{ \frac{mTe^{-2u}}{1+m^2T^2} + \frac{\sin mt - mT \cos mt}{1+m^2T^2} + 2\beta \sum \frac{\cos \frac{n\pi x}{l}}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \left[ \begin{aligned} &\beta \sin mt + (\varepsilon - \gamma) \cos mt \\ &- e^{-u} \left[ \frac{\varepsilon + \gamma}{\rho} \sin \rho u + (\varepsilon - \gamma) \cos \rho u \right] \end{aligned} \right] \right\}.$$

Posons

$$S = \frac{\varepsilon + \gamma}{\rho} \sin \rho n + (\varepsilon - \gamma) \cos \rho u,$$

$$S_1 = \beta \sin mt + (\varepsilon - \gamma) \cos mt.$$

Nous pourrions écrire

$$i = \frac{E}{Rl} \left\{ \frac{mTe^{-2u} + \sin mt - mT \cos mt}{1+m^2T^2} + 2\beta \sum_1^\infty \frac{S_1 - Se^{-u}}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \cos \frac{n\pi x}{l} \right\}.$$

Dans le cas où  $\delta < 1$ , les  $\sum_1^\infty$  des formules précédentes sont à remplacer par des  $\sum_{n_0}^\infty$ , et pour  $n$  compris de 1 à  $n_0$ , il y a des séries d'exponentielles que nous allons calculer et qui seront simplement à ajouter aux valeurs précédentes de  $V$  et de  $i$ .

Il faut augmenter  $\frac{V}{E \sin mt}$  de la somme

$$\sum_1^{n_0-1} A_n e^{\alpha_n t} + A'_n e^{\alpha'_n t}.$$

On a d'ailleurs

$$\left. \begin{matrix} \alpha_n \\ \alpha'_n \end{matrix} \right\} = -\frac{1}{2T} (1 \pm \rho_1),$$

en posant  $\rho_1^2 = 1 - n^2 \delta^2$ , pour  $n < n_0$ . D'où on tire

$$A_n = \frac{-\beta(\rho_1 - 1) - 2mT(\varepsilon - \gamma)}{2\rho_1[(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2]} \varepsilon E,$$

$$A'_n = \frac{2mT(\varepsilon - \gamma) - \beta(\rho_1 + 1)}{2\rho_1[(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2]} \varepsilon E.$$

L'intégration par rapport à  $t$  pour obtenir l'intensité se ferait de la manière la plus simple, et l'on arriverait au résultat suivant, que nous nous contentons d'écrire, en tenant compte de ce que l'on a

$$mT = \frac{mL}{R} = \frac{m^2 LC}{mRC} = \frac{\gamma}{\beta};$$

$$i = \frac{\beta E}{Rl} \left\{ \begin{aligned} & \frac{\beta \sin mt - \gamma \cos mt}{\beta^2 + \gamma^2} \\ & + 2 \sum_1^\infty \frac{S_1}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \cos \frac{n\pi x}{l} \\ & - 2e^{-u} \sum_{n_0}^\infty \frac{S}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \cos \frac{n\pi x}{l} \\ & - e^{-u} \sum_1^{n_0} \frac{\frac{(\varepsilon + \gamma)}{\rho_1} (e^{\rho_1 u} - e^{-\rho_1 u}) + (\varepsilon - \gamma) (e^{\rho_1 u} + e^{-\rho_1 u})}{(\varepsilon - \gamma)^2 + \beta^2} \cos \frac{n\pi x}{l} \\ & + \frac{\gamma e^{-2u}}{\beta^2 + \gamma^2} \end{aligned} \right.$$

Nous remarquons immédiatement que les seules quantités qui entrent dans ces formules sont la résistance, la capacité et la self-induction totales, et non plus par unité de longueur;

Nous désignerons donc, dans les formules qui suivent, par  $R$ ,  $C$ ,  $L$  les résistance, capacité et self-induction totales et non plus, comme auparavant, par unité de longueur. Ainsi le premier résultat de cette équation est le suivant : la longueur de la ligne n'intervient pas par elle-même.

Groupons ensemble les termes en  $\sin mt$ ,  $\cos mt$ , et nous obtiendrons la formule suivante où l'on pose  $\varepsilon = n^2 \pi^2$



$$= \frac{\beta E}{R} \left\{ \begin{aligned} & \left[ \frac{\beta}{\beta^2 + \gamma^2} + 2 \sum_1^\infty \frac{\beta}{\beta^2 + (\varepsilon - \gamma)^2} \cos \frac{n \pi x}{l} \right] \sin mt \\ & + \left[ -\frac{\gamma}{\beta^2 + \gamma^2} + 2 \sum_1^\infty \frac{\varepsilon - \gamma}{\beta^2 + (\varepsilon - \gamma)^2} \cos \frac{n \pi x}{l} \right] \cos mt \\ & - 2e^{-u} \sum_{n_0}^\infty \frac{\frac{\varepsilon + \gamma}{\rho} \sin \rho u + (\varepsilon - \gamma) \cos \rho u}{\beta^2 + (\varepsilon - \gamma)^2} \cos \frac{n \pi x}{l} \\ & - e^{-u} \sum_1^{n_0} \frac{\frac{\varepsilon + \gamma}{\rho_1} (e^{\rho_1 u} - e^{-\rho_1 u}) + (\varepsilon - \gamma)(e^{\rho_1 u} + e^{-\rho_1 u})}{\beta^2 + (\varepsilon - \gamma)^2} \cos \frac{n \pi x}{l} \\ & + \frac{\gamma e^{-2u}}{\beta^2 + \gamma^2} \end{aligned} \right\}.$$

Il serait difficile de discuter une formule aussi compliquée. Remarquons simplement que nous avons, au moment de la mise en équation, six paramètres  $E$ ,  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $l$  et  $m$ . La solution du problème ne dépend que de trois paramètres  $\frac{E}{R}$ ,  $CRm$  et  $CLm^2$ , puisque  $\varepsilon = n^2 \pi^2$  est une quantité numérique indépendante des conditions de la ligne.

Nous pouvons remarquer encore que la formule comprend deux sortes de termes :

Les uns, ceux en  $\sin mt$  et  $\cos mt$ , correspondent à une sinusoïde qui est la forme du courant en régime permanent;

Les autres, comprenant un coefficient  $e^{-u}$  et par conséquent diminuant rapidement avec le temps, correspondent à la période variable.

Nous nous proposons de construire quelques courbes représentatives de la formule de l'intensité et de les publier dans un prochain article.

E. BRYLINSKI.

Élève Ingénieur.

# THEORIE DE LA PROPAGATION DU COURANT SUR UNE LIGNE ÉLECTRIQUE

---

1<sup>er</sup> PROBLÈME [*suite* (\*)].

## § 12. *Cas des émissions télégraphiques.*

Nous avons résolu le problème suivant :

Si la ligne est mise, au départ, en communication avec une pile, quel sera le régime du courant à l'arrivée pendant la période variable, la communication étant maintenue indéfiniment ?

En désignant par  $E$  la force *e. m.*, l'intensité  $i$  du courant à l'arrivée est de la forme :

$$(1) \quad i = \frac{E}{Rl} f(t),$$

$f(t)$  étant une fonction dont nous avons calculé le développement en série de Fourier.

Si, comme dans le cas des émissions télégraphiques, la communication avec la pile, au bout d'un temps  $\tau$ , est remplacée par la communication avec le sol, tout se passe comme si, à l'époque  $\tau$ , on superposait à la pile  $+E$  une autre égale à  $-E$ . Cette dernière don-

(\*) Voir le numéro de novembre-décembre 1888.









ou que cette courbe a des contours plus raides. Nous renverrons leur examen après l'étude du rôle des appareils télégraphiques.

#### § 14. Application à la téléphonie.

Si l'on a au départ un transmetteur téléphonique développant une force  $e. m.$  de la forme :

$$E = E_0 \sin mt,$$

quel sera le régime du courant à l'arrivée?

On n'a qu'à appliquer la formule (2), qui donne :

$$(3) \quad i = \int_0^t \frac{E_0 m}{Rl} \cos m\tau f(t - \tau) d\tau.$$

Le courant tendra vers un régime périodique permanent dans lequel  $i$  sera de la forme  $i_0 \sin m(t - t_0)$ ,  $i_0$  et  $t_0$  étant des constantes. Ces constantes  $i_0$  et  $t_0$  se calculent très simplement sans l'emploi de la série de Fourier. Mais ce qu'il est surtout intéressant de connaître, c'est la période variable du début, dans laquelle les ondes arrivent déformées suivant une loi non périodique.

Dans le cas où l'on ne tient pas compte des appareils, en remplaçant, dans la formule (16) de l'article précédent,  $\frac{i}{I}$  par  $f(t)$ , on aura :

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} f(t) = & 1 - e^{-\frac{t}{T}} + 4e^{-\frac{t}{2T}} \sum_{n < \frac{1}{\delta}} (-1)^n \frac{e^{\frac{t}{2T} \sqrt{1 - n^2 \delta^2}} - e^{-\frac{t}{2T} \sqrt{1 - n^2 \delta^2}}}{2 \sqrt{1 - n^2 \delta^2}} \\ & + 4e^{-\frac{t}{2T}} \sum_{n > \frac{1}{\delta}} (-1)^n \frac{\sin\left(\frac{t}{2T} \sqrt{n^2 \delta^2 - 1}\right)}{\sqrt{n^2 \delta^2 - 1}}. \end{aligned} \right.$$

Nous rappellerons que l'on a posé :

$$T = \frac{L}{R}, \quad \theta = l\sqrt{CL}, \quad \delta = 2\pi \frac{T}{\theta},$$

en désignant par  $l$  la longueur de la ligne, et par  $R$ ,  $C$ ,  $L$  la résistance, la capacité et la self-induction de l'unité de longueur.

On remplacera la fonction  $f(t)$  par son expression (4) dans l'intégrale (3), ce qui donnera pour  $i$  : (\*)

$$(5) \left\{ \begin{aligned} \frac{Rl}{E_0} [i - i_0 \sin m(t - t_0)] &= \frac{mT}{1 + m^2 T^2} e^{-\frac{t}{T}} \\ &- \frac{m}{T} e^{-\frac{t}{2T}} \sum_{n < \frac{1}{\delta}} \frac{(-1)^n}{\sqrt{1 - n^2 \delta^2}} \left[ \frac{(1 - \sqrt{1 - n^2 \delta^2}) e^{\frac{t}{2T} \sqrt{1 - n^2 \delta^2}}}{m^2 + \left( \frac{1 - \sqrt{1 - n^2 \delta^2}}{2T} \right)^2} - \frac{(1 + \sqrt{1 - n^2 \delta^2}) e^{-\frac{t}{2T} \sqrt{1 - n^2 \delta^2}}}{m^2 + \left( \frac{1 + \sqrt{1 - n^2 \delta^2}}{2T} \right)^2} \right] \\ &- \frac{2m}{T} e^{-\frac{t}{2T}} \sum_{n > \frac{1}{\delta}} \frac{(-1)^n}{\sqrt{n^2 \delta^2 - 1}} \frac{\left( \frac{n^2 \delta^2}{4T^2} + m^2 \right) \sin\left( \frac{t}{2T} \sqrt{n^2 \delta^2 - 1} \right) + \sqrt{n^2 \delta^2 - 1} \left( \frac{n^2 \delta^2}{4T^2} - m^2 \right) \cos \frac{t}{2T}}{\frac{m^2}{T^2} + \left( \frac{n^2 \delta^2}{4T^2} - m^2 \right)^2} \end{aligned} \right.$$

$i_0$  et  $t_0$  désignant les constantes dont il a été question plus haut.

(\*) La formule (3) ne contenant que des intégrales de l'une des formes

$$\int e^{\alpha\tau} \cos m\tau d\tau,$$

ou

$$\begin{aligned} &\int e^{\alpha\tau} \sin \beta(t - \tau) \cos m\tau d\tau \\ &= \int e^{\alpha\tau} \frac{\sin[(m - \beta)\tau + \beta t] - \sin[(m + \beta)\tau - \beta t]}{2} d\tau, \end{aligned}$$

il suffit de rappeler qu'en dédoublant l'intégrale imaginaire

$$\int e^{(\alpha + \gamma\sqrt{-1})\tau} = \frac{e^{(\alpha + \gamma\sqrt{-1})\tau}}{\alpha + \gamma\sqrt{-1}};$$

on en déduit :

$$\begin{aligned} \int e^{\alpha\tau} \cos \gamma\tau d\tau &= \frac{e^{\alpha\tau}}{\alpha^2 + \gamma^2} (\alpha \cos \gamma\tau + \gamma \sin \gamma\tau) \\ \int e^{\alpha\tau} \sin \gamma\tau d\tau &= \frac{e^{\alpha\tau}}{\alpha^2 + \gamma^2} (\alpha \sin \gamma\tau - \gamma \cos \gamma\tau). \end{aligned}$$



Le calcul du second membre de (5) fera donc connaître l'influence de la période variable, c'est-à-dire la déformation des ondes électriques au début. Le courant  $i$  devant rester nul jusqu'au temps  $t = 0$ , on fera les calculs seulement à partir de cette époque jusqu'à ce que le second membre de (5) devienne négligeable. Nous nous proposons de revenir plus tard sur ces calculs et sur la discussion des résultats.

(*A suivre.*)

VASCHY.

---































































transparente pour les ondulations et on ne peut guère constater de différence entre les étincelles qu'on obtient d'un côté ou de l'autre. Une lame métallique mince se comporte comme une glace très légèrement argentée ; elle réfléchit une partie de l'onde, mais en laisse passer une partie très notable ; ainsi les étincelles sont encore très sensibles derrière une surface métallique formée d'une feuille d'étain ou de lames de zinc de 0<sup>mm</sup>,5, ou d'une lame de tôle de 3 millimètres. Ces nombres sont simplement les épaisseurs des lames essayées et ils n'ont pas d'autres significations. Il est probable qu'on obtiendrait une réflexion plus complète avec des lames plus épaisses ou plus conductrices.

Le fond de la salle a été revêtu d'une surface de zinc formant une surface de 6 mètres sur 4. On a pu ainsi, à l'exemple de M. Hertz, constater l'interférence des ondes réfléchies avec les ondes directes. Avec l'appareil à plaques, on constatait un nœud très marqué à une distance de 3<sup>m</sup>,60 environ du mur.

Grâce à l'obligeance de M. Lemonnier qui avait bien voulu construire pour le Laboratoire deux miroirs paraboliques identiques comme dimensions à ceux de M. Hertz, on a pu répéter les expériences de propagation et de réflexion du rayon électrique. Seule l'expérience de réfraction n'a pu être reproduite, faute d'un prisme de dimensions convenables.

J. JOUBERT.











































































































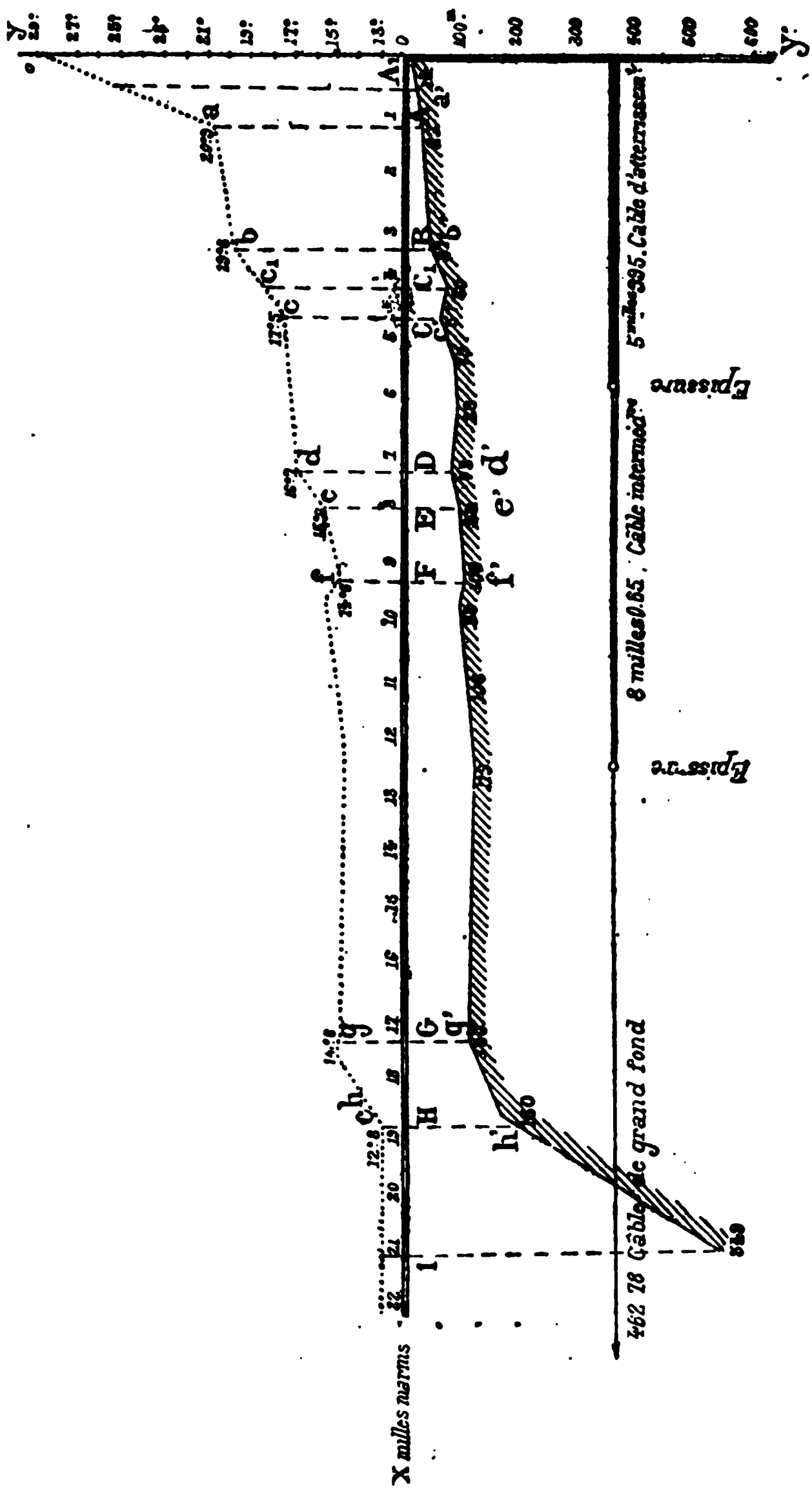


Fig. 14. — Cable de Marseille à Alger 1880. Atterrissage de Marseille.

























densateur que constitue l'âme d'un câble sous-marin,

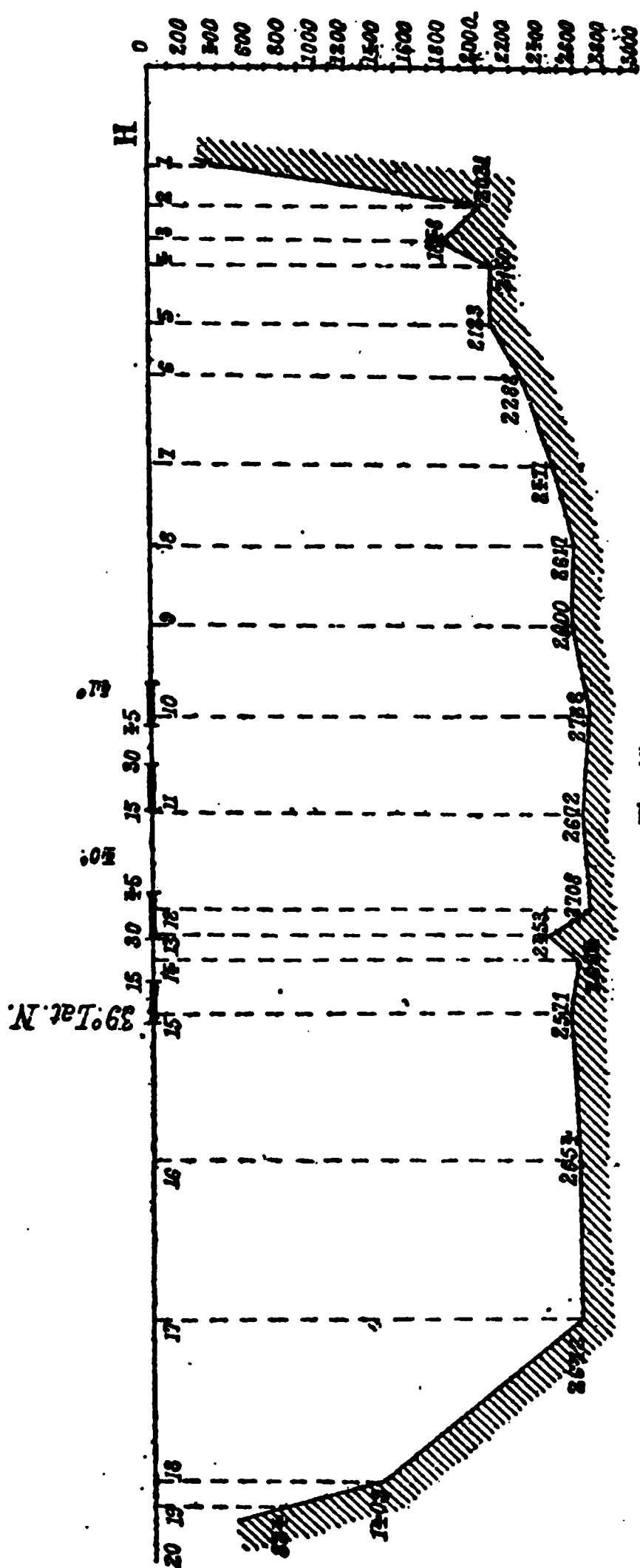


Fig. 15.

il en résulte une augmentation de capacité. Ce









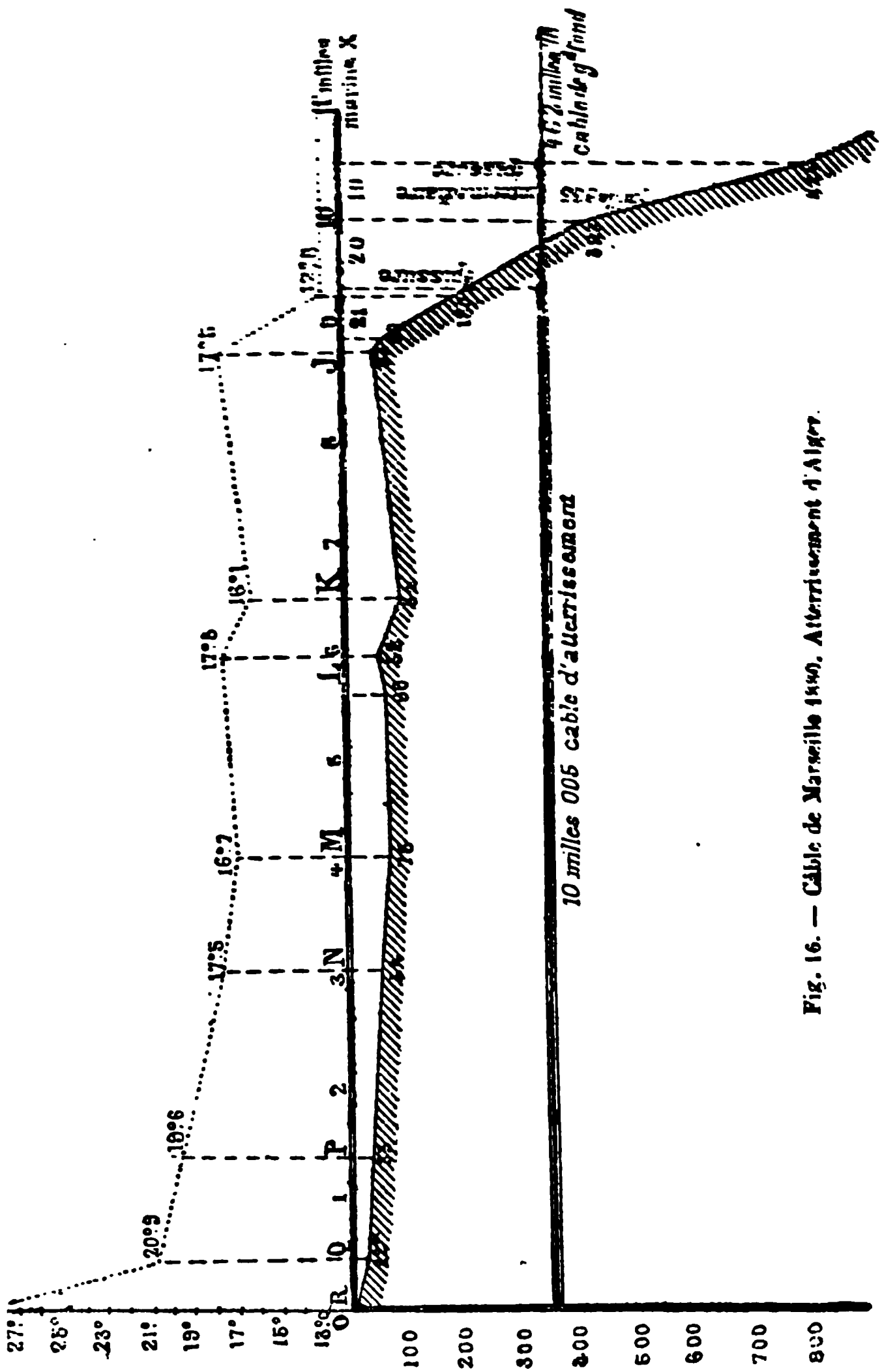


Fig. 16. — Câble de Marseille 1890. Atterrissement d'Alger.

On en déduit pour l'isolement total du câble  
 $25 + 462,78 = 487^m,78$ ) à  $24^{\circ}$  C.









lément de la gutta ordinaire sous l'action de la pression. La connaissance de ce coefficient présente, en effet, un intérêt pratique capital, car elle permettrait de prévoir d'une façon approchée la résistance totale d'isolement que l'on doit trouver pour un câble après son immersion si cette opération ne l'a pas altéré; elle permettrait aussi de mieux fixer les clauses d'un cahier des charges pour l'établissement d'une ligne télégraphique sous-marine.

Si les résultats de ces calculs pour des câbles de même fabrication, mais posés dans des régions de profondeurs moyennes très différentes, présentaient des différences capitales, il y aurait alors lieu de s'inquiéter de la vérification de la loi de l'accroissement de résistance en raison directe de l'accroissement de pression.

A. DERIES.

---























































DÉPARTE- MENTS	LOCALITÉS	NATURE DES INSTALLATIONS	NATURE ET PUISSANCE	
			MÉCANIQUE du moteur	ÉLECTRIQUE du générateur d'éclairage
Yonne . . . . .	Saint-Fargeau.	Réseau urbain d'éclairage.	Turbine de 8 che- vaux; machine à vapeur de 12 che- vaux.	Dynamo de 220 pères; 1 bat- terie d'accumulation
Alger. . . . .	Miliana.	Réseau urbain d'éclairage.	Turbine de 35 à 70 chevaux.	Dynamo de 200 pères.

NOMBRE DE LAMPES INCANDESCENTES	NATURE DES RÉCEPTEURS	PRÉCAUTIONS PRISES		DISTANCE MINIMA DES CONDUCTEURS AUX LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES VOISINES
		POUR L'ISOLEMENT DES CONDUCTEURS	AUX POINTS LES PLUS DANGEREUX	
100 volts.	Lampes à incandescence.	"	Conducteurs souterrains placés à 0 <sup>m</sup> ,60 de profondeur; fils aériens à 5 mètres de hauteur.	A 1 <sup>m</sup> ,80 des autres lignes.
220 volts.	Lampes à incandescence.	Isolateurs en porcelaine.		











## DISTRIBUTEUR AUTOMATIQUE

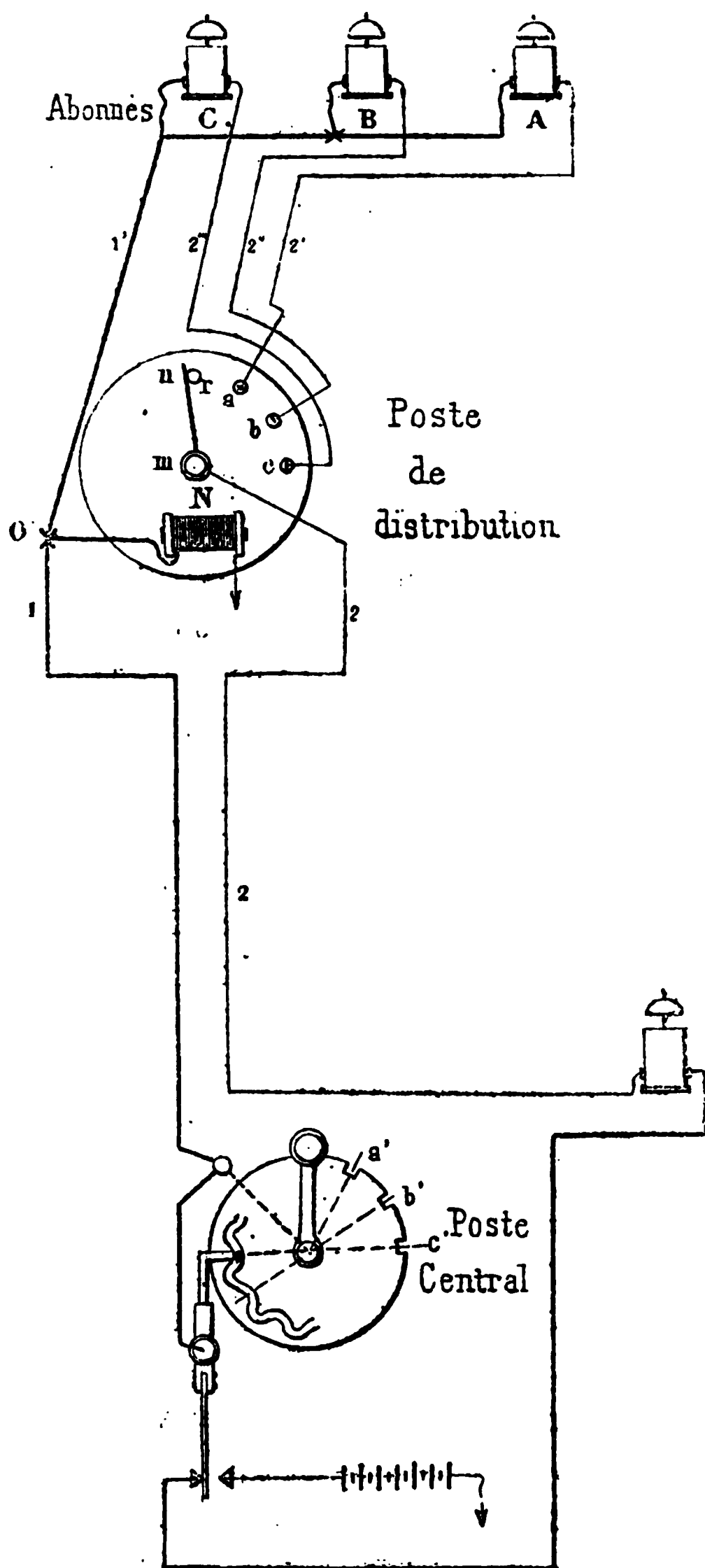


Fig. 1. — Poste de distribution.























Quant au double fil reliant le poste de distribution au réseau urbain, je crois qu'on n'y verra pas de grands

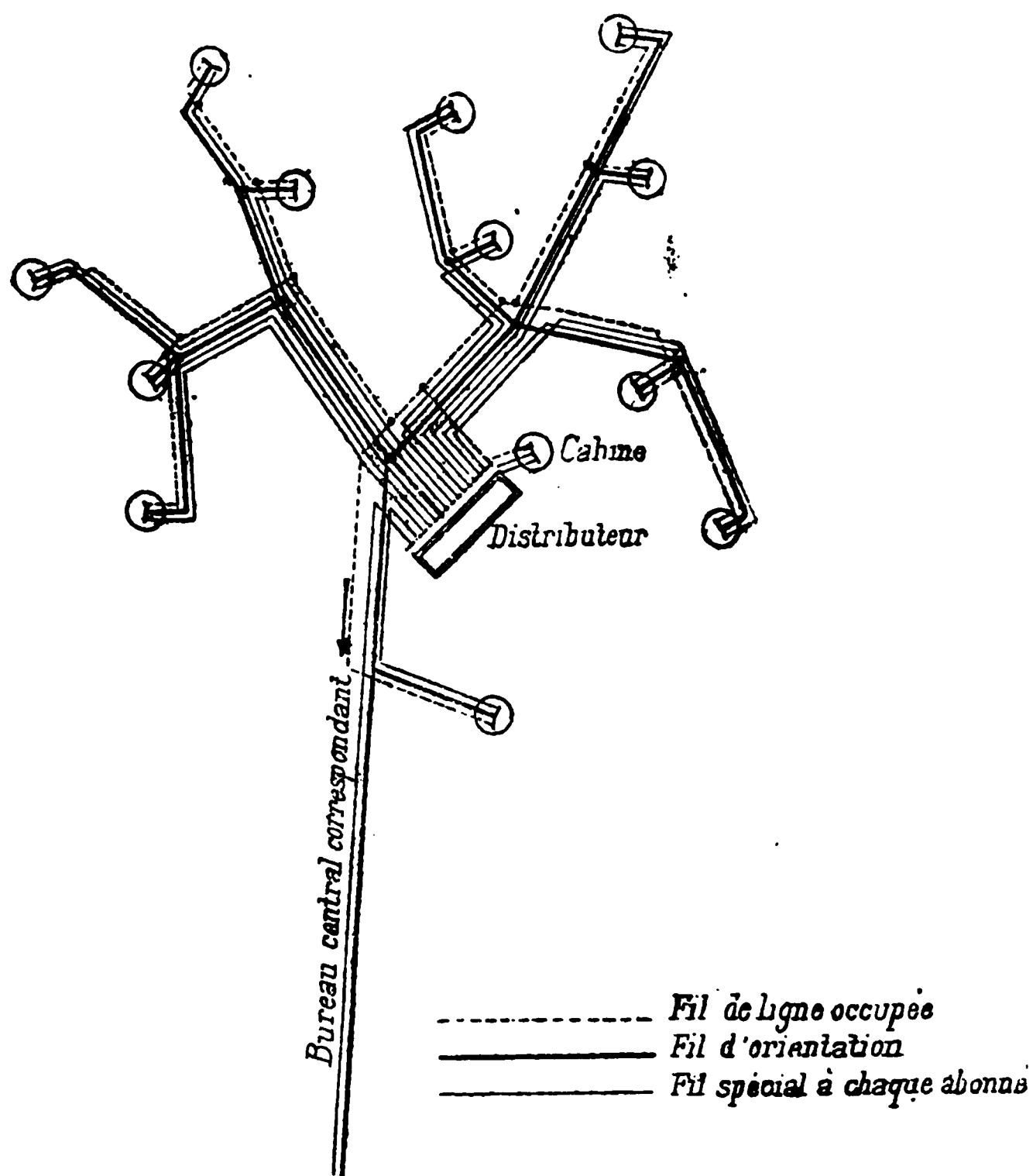


Fig. 5. — Réseau de douze abonnés avec cabine publique.

inconvenients; les poteaux de lignes télégraphiques devant d'ailleurs être utilisés dans bien des cas, cette disposition devient une nécessité.

G. RAMBAUD,  
Ingénieur des télégraphes.











*Constitution du poteau. — Les poteaux se com-*

MM



Fig. 4.

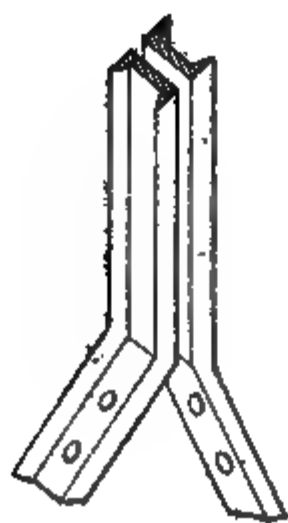


Fig. 4.

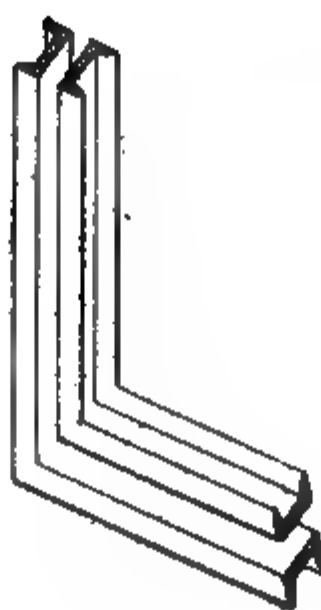


Fig. 5.

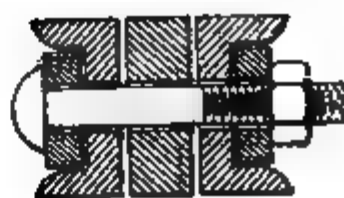


Fig. 7.

posent de deux fers en U se tournant le dos et écartés





1 éperon de . . . . .	5 à	8 <sup>f</sup> ,00
1 poteau de 4 mètres, 34 kilog. à 0 <sup>f</sup> ,55. . . . .		18,70
Main-d'œuvre (demi-journée d'un chef d'équipe, 2 ouvriers commissionnés et une journée de tempo- raire, couvreur de son état. . . . .		10,00
Menus frais (zinc, soudures, mastic, tuiles et ar- doises et peinture de l'appui) au maximum . . . . .		10,30
Un tirant de 3 à 4 mètres, de 11 francs à 14 <sup>f</sup> ,20. . .		12,70
		<hr/> 60 <sup>f</sup> ,00

Certaines constructions légères et ne comportant ni murs de refend, ni pignons solides, ni pièces de char-

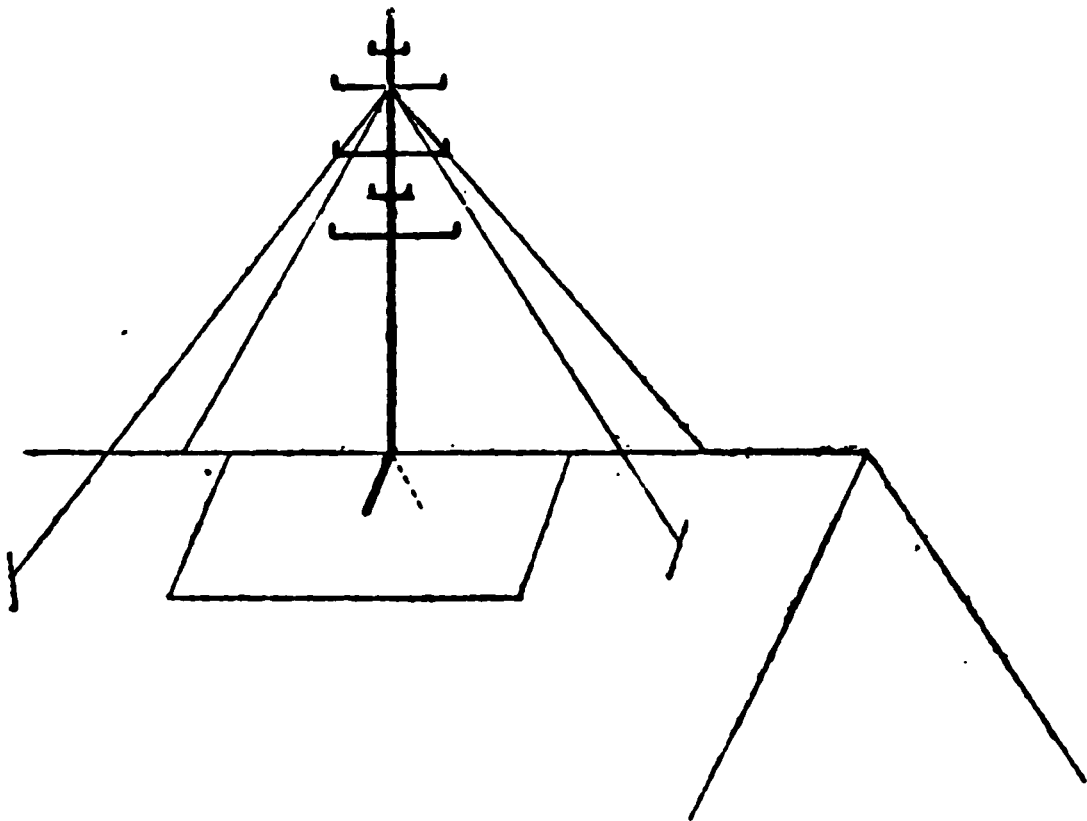


Fig. 10.

pente suffisantes, ne permettraient pas le mode d'installation qui vient d'être décrit. Il convient alors de placer sur le faitage une selle en bois de 2 mètres de long environ; en son milieu est fixé un éperon sur lequel on boulonne le poteau; quatre haubans en fil de fer assurent la stabilité du système.

Chalons, le 20 août 1889.

E. MASSIN.













sions de l'appareil télégraphique, ce courant sera obstrué comme si l'on avait placé en ce point une bobine ordinaire à forte self-induction.

En un mot, on empêche ainsi les courants téléphoniques de dériver par la partie du circuit placée en avant des condensateurs, sans opposer d'obstacle aux émissions télégraphiques d'un appareil à grande vitesse.

M. CAILHO.

---











sente la somme des intensités des courants qui circuleraient dans chacun des fils pris à part et fermé sur lui-même; c'est-à-dire que l'on a

$$I = \sum \frac{e}{r}.$$

Finalement, on pourra poser

$$(6) \quad V - V' = \frac{1}{\sum \frac{1}{r}} \sum \frac{e}{r}.$$

En langage ordinaire : *La différence de potentiel entre deux points A et A', d'où partent tous les fils d'un même système de conducteurs, est égale au produit de la résistance du système mesurée entre ces deux points par la somme des intensités qui circuleraient dans chacun des fils fermé sur lui-même.*

Il s'ensuit que l'on pourra exprimer facilement l'intensité actuelle dans une quelconque des branches du système

$$i_m = \frac{e_m - (V - V')}{r_m}.$$

La formule (6) peut être retrouvée directement; M. P. Samuel en avait déjà indiqué une démonstration dans la *Lumière électrique*, décembre 1888.

Voici une méthode relativement simple pour établir cette relation, dans le cas particulier qui nous occupe, et en fonction des données du système que l'on suppose connu dans toutes ses parties.

Si l'on considère chacune des dérivations qui partent des points A et A' de potentiels V et V', on voit que

$$V - V' = e_1 - i_1 r_1 = e_2 - i_2 r_2 = \dots = e_n - i_n r_n,$$



ce qui peut s'écrire

$$-V' = \frac{\frac{e_1}{r_1} - i_1}{\frac{1}{r_1}} = \frac{\frac{e_2}{r_2} - i_2}{\frac{1}{r_2}} = \dots = \frac{\frac{e_n}{r_n} - i_n}{\frac{1}{r_n}};$$

et, par suite,

$$V - V' = \frac{\sum \frac{e}{r} - \sum i}{\sum \frac{1}{r}}.$$

Mais ici  $\sum i = 0$ , puisque tous les fils partent du même point A et aboutissant tous au point A'; on a donc bien

$$V - V' = \frac{1}{\sum \frac{1}{r}} \sum \frac{e}{r}.$$

M. CAILHO.

















système inducteur. En envoyant le courant alternatif dans cet inducteur, la lampe à incandescence s'illumine aussitôt, tandis que, sous l'influence des répulsions électro-dynamiques, elle tend à remonter à la surface et s'arrête dans une position intermédiaire telle que la répulsion, plus la poussée hydrostatique, équilibre le poids de la lampe et de la bobine. Cette lampe s'illuminant dans l'eau, sans communication extérieure apparente, est une des plus jolies expériences et des plus frappantes que l'on puisse réaliser, pour montrer les phénomènes d'induction à distance et leur transmissibilité à travers la plupart des milieux.

E. HOSPITALIER.

---



























1° Mettre en marche l'appareil distributeur;

2° Manœuvrer un commutateur spécial qui établit les communications multiples en même temps qu'il supprime les communications simples;

3° Manœuvrer une manette qui met le clavier multiple en rapport avec le clavier simple, de façon qu'en abaissant les touches comme à l'ordinaire, on presse les lames correspondantes du clavier multiple les mettant en communication avec les piles de polarité convenable.

(*A suivre.*)

H. THOMAS.

---













donc pour lui donner plutôt une tendance à l'avance.

C'est à 11 heures 59 minutes que l'horloge distributrice envoie un courant d'une durée de soixante secondes, qui, par conséquent, cesse à 12 heures; le courant traverse l'électro E (*fig. 2*) et tend à attirer l'ar-

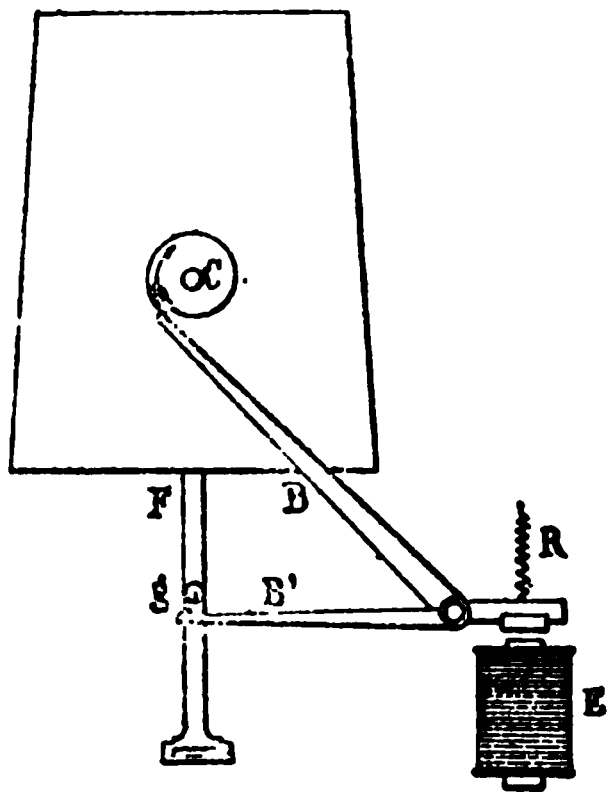


Fig. 2.

matrice placée au-dessus; mais celle-ci ne peut obéir à cette attraction que lorsque le bras du levier B sera tombé dans l'encoche du limaçon C, c'est-à-dire lorsque l'horloge à régler marquera 12 heures juste; dès que l'armature pourra s'approcher de l'électro E, elle entraînera le levier B', qui retiendra, par son crochet, la goupille g fixée sur la fourchette F; cette dernière se trouvera donc arrêtée et l'horloge restera à 12 heures, jusqu'à ce que, le courant cessant de passer dans l'électro E, le ressort R relève l'armature et dégage la goupille g; à ce moment précis, l'horloge distributrice et les horloges à régler marqueront toutes 12 heures, et ces horloges se remettront en marche puisque leur balancier, dont les oscillations n'auront pas cessé, aura de nouveau action sur la fourchette F qui sera déagée.



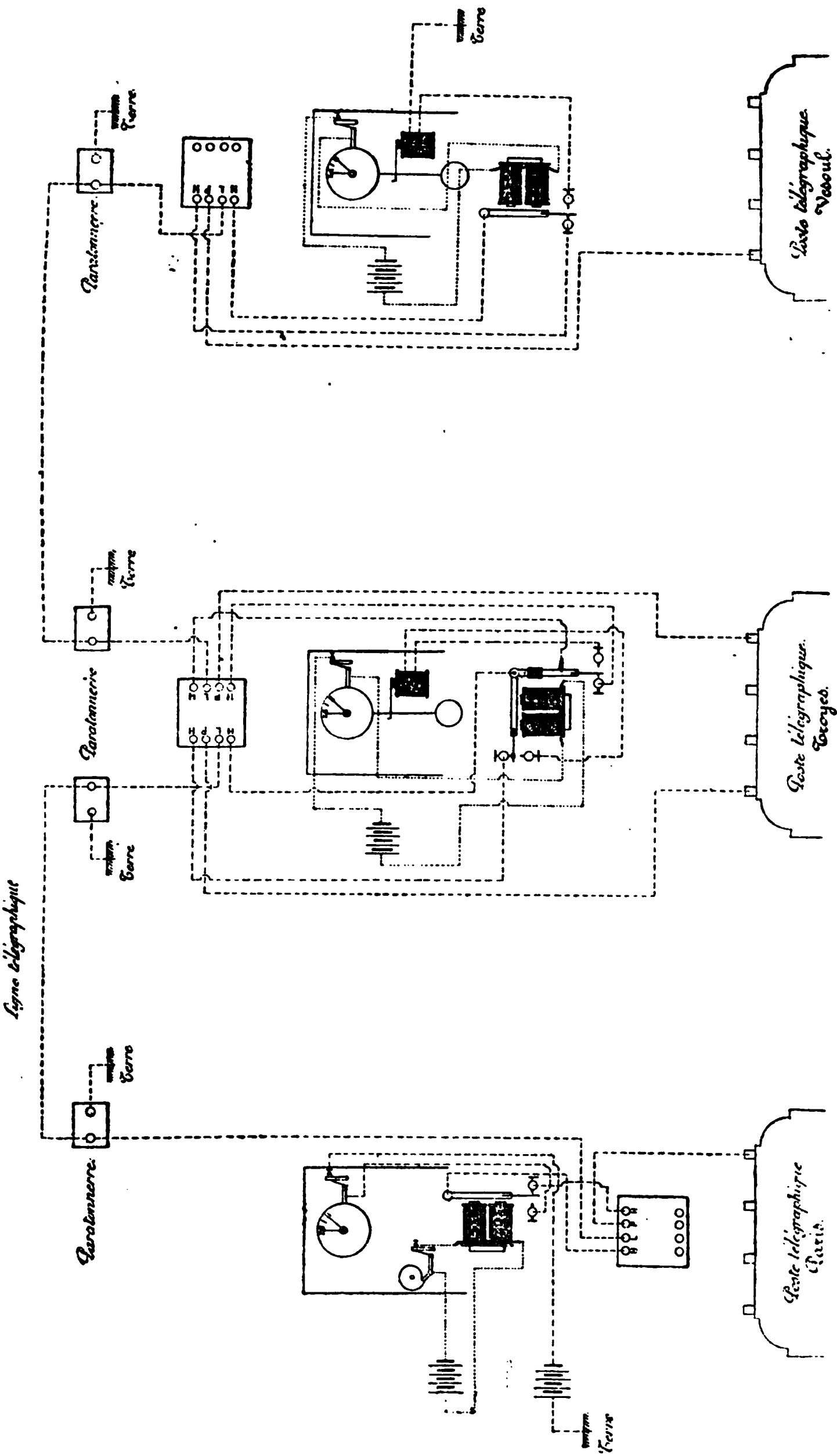


Fig. 4.

directe avec le poste télégraphique et le commutateur de l'horloge est isolé du circuit. Comme le commutateur de sûreté ne doit servir qu'en cas d'arrêt ou d'avarie aux horloges, sa manivelle est maintenue par un scellé qu'on brise en cas de besoins en justifiant de la nécessité.

*Disposition générale des circuits.* — La *fig. 4* donne le schéma général des communications électriques nécessaires pour la réalisation du système de remise à l'heure par l'électricité en employant les fils télégraphiques, système qui est exposé par la Compagnie des chemins de fer de l'Est, dans la Classe 62 (Palais des Machines), et qui a fonctionné pendant un an et demi sans aucune interruption.

---









Le système Tomasi, dont la première idée a été émise par M. Rothen, outre des difficultés analogues, présente encore des impossibilités théoriques qui doivent le faire écarter immédiatement.

Comme dans les multiples Meyer, Baudot, etc., deux distributeurs placés aux deux extrémités du fil et marchant synchroniquement donnent la ligne successivement à des groupes de deux abonnés correspondant entre eux, AA', BB', CC', DD'. En supposant  $n$  groupes (*fig. 1*), à chaque tour du distributeur la

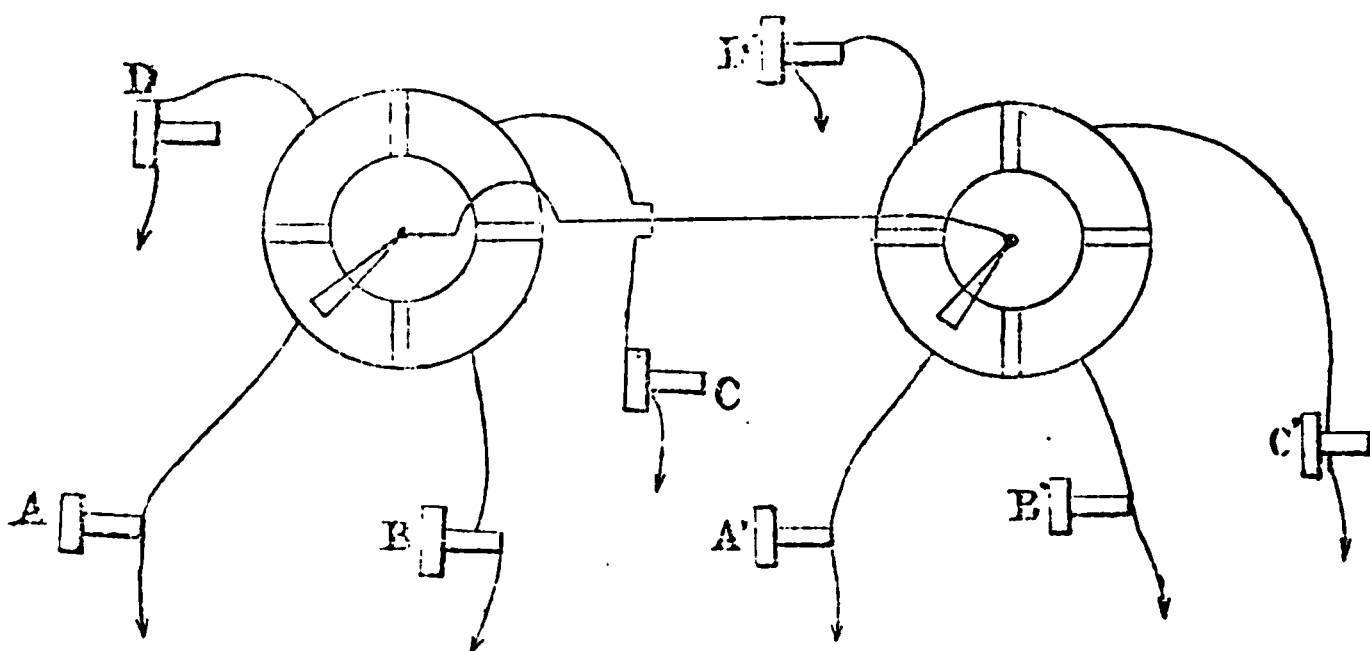


Fig. 1.

conversation de A avec A', par exemple, sera théoriquement interrompue pendant la  $\frac{n - 1^{\text{me}}}{n}$  partie de la durée d'une révolution. Or le plus grand intervalle perçu par l'oreille entre deux sons successifs est de  $1/32^{\text{e}}$  de seconde. Si donc la durée totale de la révolution des distributeurs est moindre que cet intervalle, les deux abonnés ne pourront s'apercevoir de la coupure de la ligne, le temps qui s'écoule durant celle-ci étant rempli par la persistance de la sensation auditive sur l'oreille. A condition de parler lentement, tout se

passera comme si les deux abonnés avaient eu constamment leur ligne.

On voit immédiatement qu'outre l'altération nécessairement produite dans la voix ainsi transmise, il y aurait encore lieu d'obliger l'abonné à adopter une certaine cadence de conversation, d'autant plus lente que plus de postes seraient montés sur le distributeur. De plus, il est probable que les coupures périodiquement faites produiraient chacune un craquement dans le téléphone de nature à gêner absolument la communication.

Quant aux questions de synchronisme, M. Tomasi ne les a point abordées.

Le seul des trois systèmes ayant reçu une application industrielle est celui actuellement exploité sous le nom de Barrett. Au lieu de résoudre le problème dans sa plus grande généralité, il permet simplement d'installer sur le fil deux communications simultanées. La *fig. 2* permet d'en saisir immédiatement le principe.

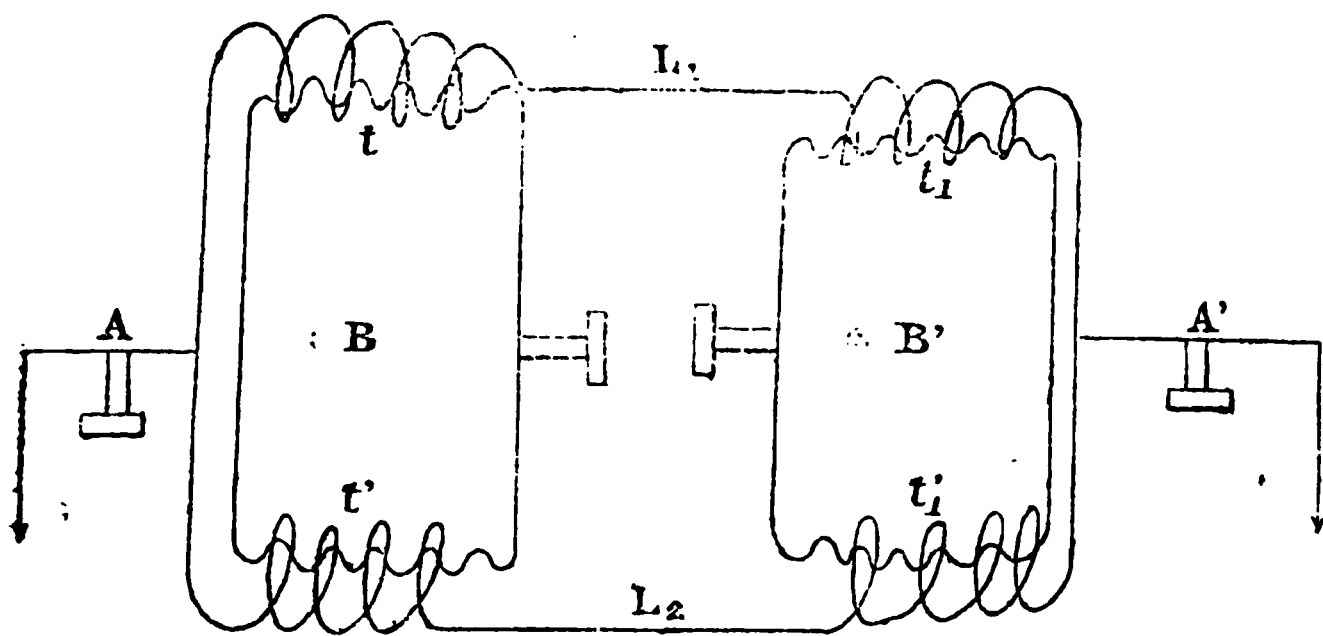


Fig. 2

A et A', B et B' sont les postes correspondant entre eux; les premiers A et A' le font directement et l'induction produite dans les translateurs  $t$ ,  $t'$ ,  $t_1$ ,  $t'_1$ , par





décrire successivement en insistant plus particulièrement sur le détail des systèmes usités en France.

Dans le système Grassi et Beux, comme dans presque tous les suivants, chaque poste est muni de relais polarisés sensibles l'un aux courants positifs, l'autre aux courants négatifs et commandant des sonneries. La station centrale appelle ainsi l'un ou l'autre poste à volonté.

La *fig. 3* représente le détail des communications.

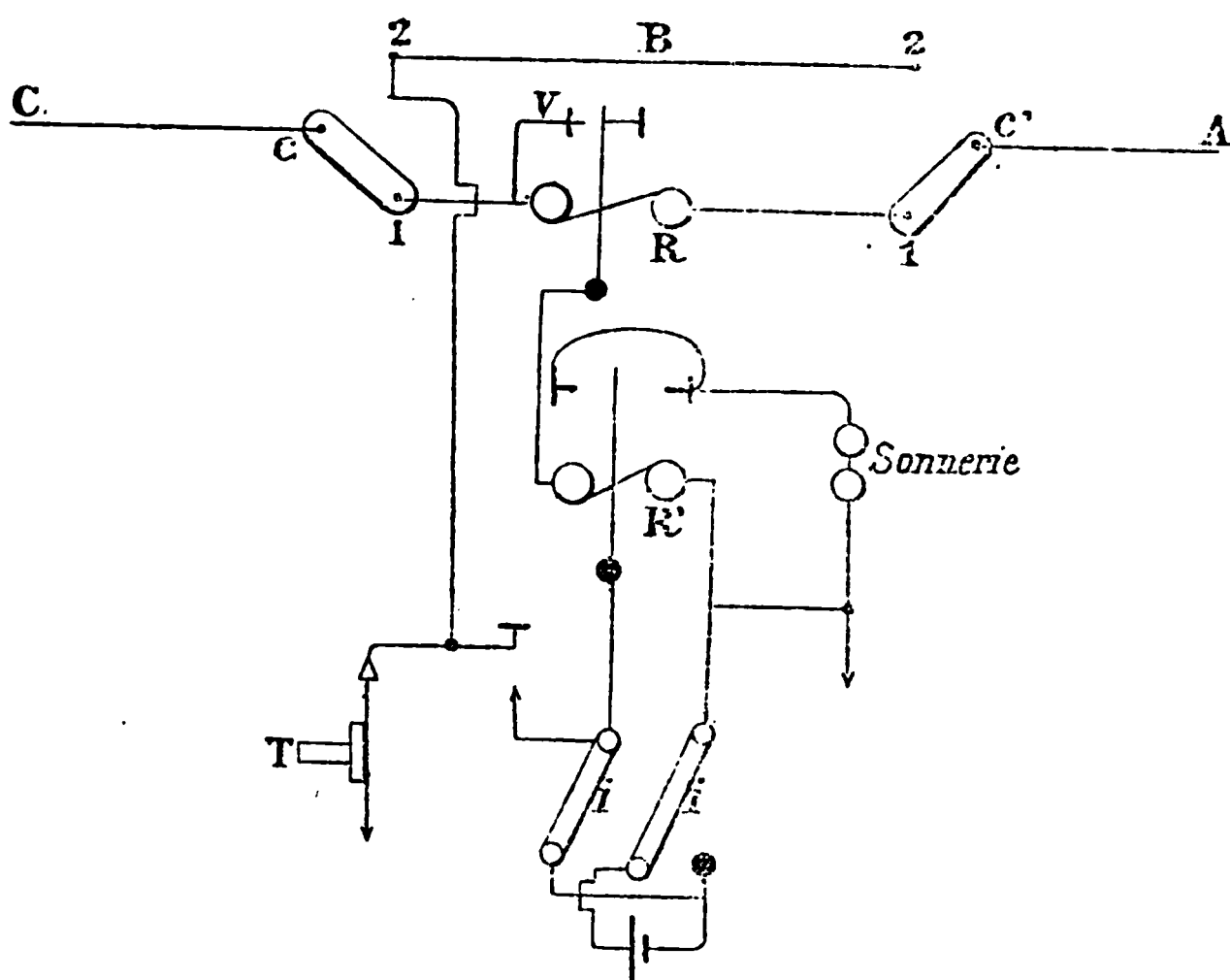


Fig. 3.

C est la direction de la station centrale.

B la station intermédiaire.

A la station extrême.

Au repos les deux commutateurs *c* et *c'* sont placés sur 1. Un courant négatif venant de C fera par exemple fonctionner le relai polarisé R. L'armature de ce relai ouvre alors au courant un chemin plus court vers la















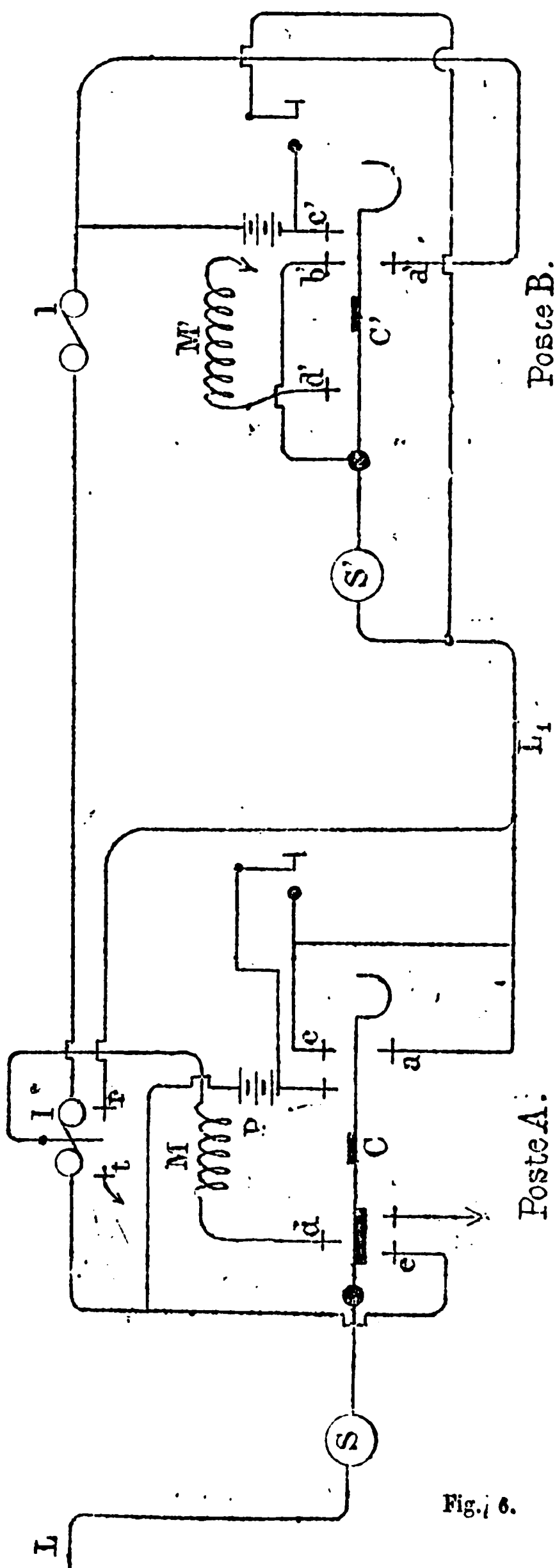


Fig. 6.

Supposons que la station centrale veuille appeler l'un ou l'autre des deux abonnés A ou B. Le courant d'appel arrive par L au relai S, passe en *a* par l'intermédiaire du commutateur C, suit *L*<sub>1</sub>, traverse le second relai S' et par *a'*, *I'*, *I* vient aboutir en *e* à la terre.

Suivant le sens du courant, l'un des abonnés est appelé, A par exemple; A décroche son téléphone, le commutateur C se soulève. Le circuit de la pile P est alors fermé par *b* et *c*, sur *I* et *I'*. Les deux voyants fonctionnent en même temps que l'armature de *I* vient buter contre le butoir *t*: le circuit secondaire M du microphone se trouve relié en *d* à la ligne d'une part et à la terre *t* d'autre part.

B est donc averti



effet, nul besoin d'annoncer que la ligne est occupée puisque les deux intéressés s'en servent.

Un tel dispositif ne nécessite pas un organe de plus que le Ducousso. Il a l'avantage de supprimer toute manœuvre de fiche et de faire travailler les piles au minimum.

Bien qu'il semble naturel de supprimer autant que possible l'emploi d'appareils mécaniques susceptibles de fréquents dérangements et relativement chers, on utilise fréquemment, à Stockholm (\*), une véritable station automatique destinée à desservir deux abonnés seulement.

Fig. 8.

L'appareil, représenté *fig. 8*, est installé chez l'un

(\*) *Lumière électrique*, t. XXXI, 1889, p. 608.

































































































**Fig. 11.**















jusqu'ici couronnés par le succès, et sauf le système suédois dû en grande partie à MM. Ericsonn et Ceder-gren, aucun autre n'est réellement entré dans la pratique.

*(A suivre.)*

ESTAUNIÉ.

---

# SUR LES

## LIGNES SOUTERRAINES EN TUYAUX DE CIMENT

### DE LA MAURIENNE

---

Les lignes souterraines de la Maurienne (Savoie) datent de 1885. De longueurs variables, 160 à 2.500 mètres, elles doivent leur création à la nécessité de soustraire, dans certains passages très exposés, les conducteurs électriques aux perturbations causées par les torrents, les éboulements ou les avalanches. Puis, sans doute dans une pensée de généralisation, on a cru devoir attribuer des conduites en ciment à toutes les traversées de tunnels, dont quelques-unes, en terrains cultivés, mesurent à peine 200 mètres de long.

Depuis leur établissement, les sections considérées furent mises à l'épreuve de nombreuses décharges atmosphériques, et quelques-unes fort maltraitées. La situation s'est même aggravée dans le courant de l'été 1889, au point de nécessiter une revision immédiate des sections défectueuses, travail pour lequel j'ai été désigné.

Avant d'entrer dans le détail des opérations de revision, je crois utile de dire quelques mots des lignes elles-mêmes.

Les fils aériens aboutissent de part et d'autre à de petites guérites de raccordement munies de paraton-





proximation suffisante, en raison de la trop grande résistance de mon Thomson, j'ai employé avec succès la boucle de Varley (*fig. 3*).

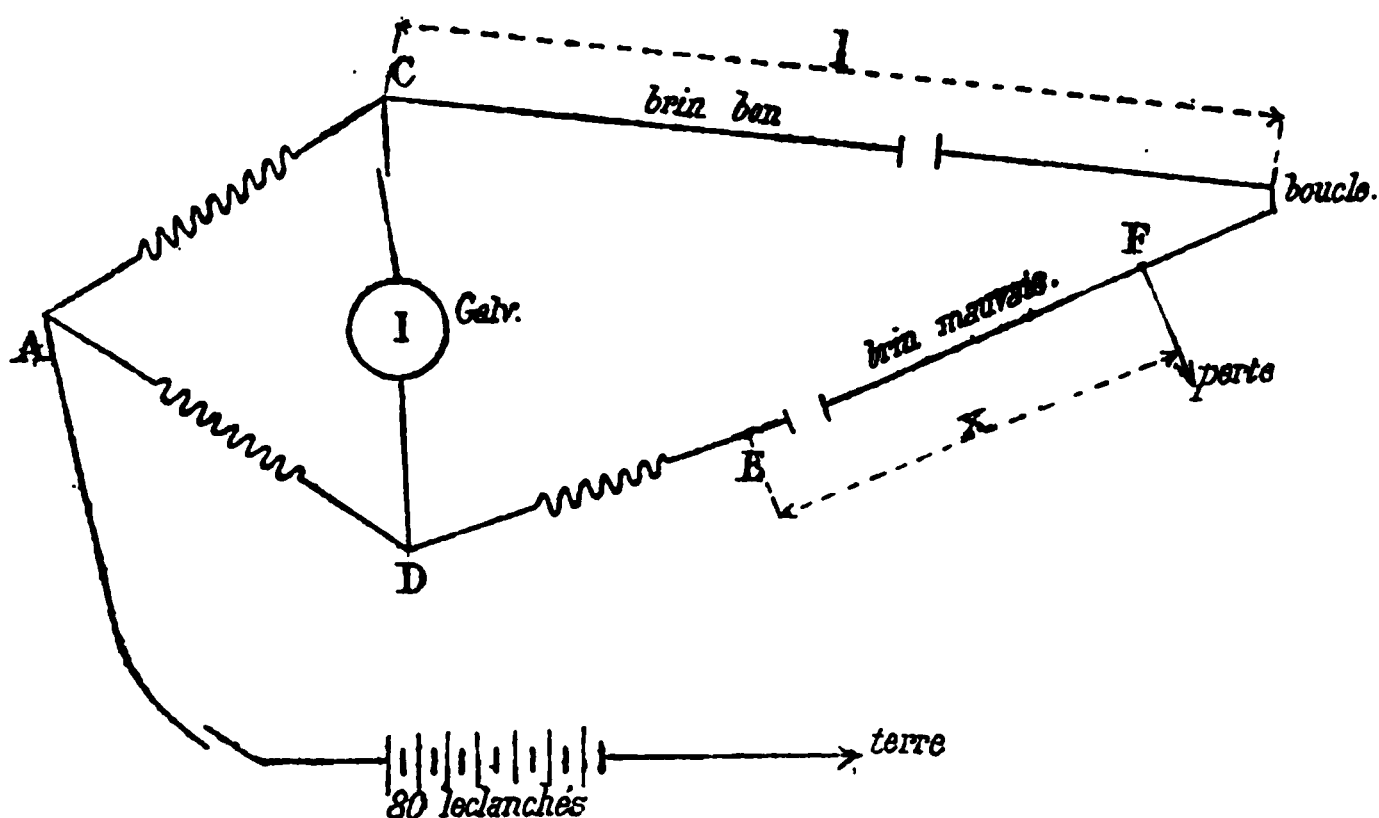


Fig. 3.

$2l$  désignant la résistance des brins bouclés,  $x$  la résistance du brin mauvais jusqu'à l'endroit de la perte, on a, pour l'équilibre :

$$AC \times (DE + x) = AD \times (2l - x);$$

d'où

$$x = \frac{2l \times AD - AC \times DE}{AC + AD}.$$

J'ai fait, une fois pour toutes,

$$AD = 90^\omega$$

$$AC = 10$$

et alors

$$x = \frac{2l \times 90 - DE \times 10}{100} = \frac{9 \times 2l - DE}{10},$$

la résistance  $2l$  ayant pu être obtenue d'une façon très approchée à 1/1000 près, DE généralement à une demi-unité près, on voit que l'erreur probable était de































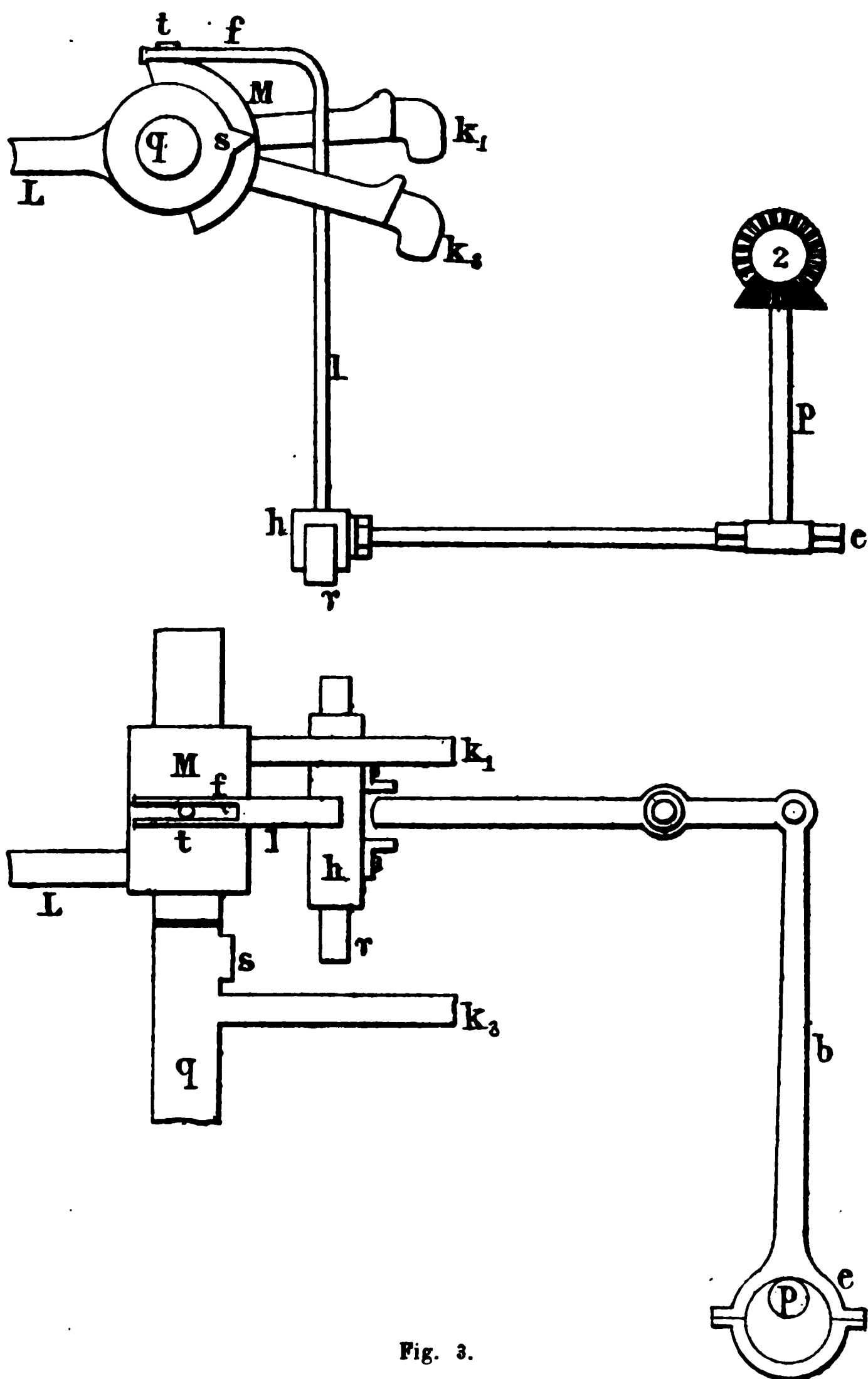


Fig. 3.

complit un quart de révolution, le manchon est déplacé longitudinalement, mais pas assez pour que L et  $K_1$

































électro-  
 $h_1, g_2$   
 couran  
 indiqu

Lor  
 dépl:  
 $E_2$ , l'  
 vien  
 côté  
 la t  
 sui  
 di:  
 pe  
 lo  
 p

...que octogonal  
 ...ce suivante au  
 ..., du cliquet  $c$ , et

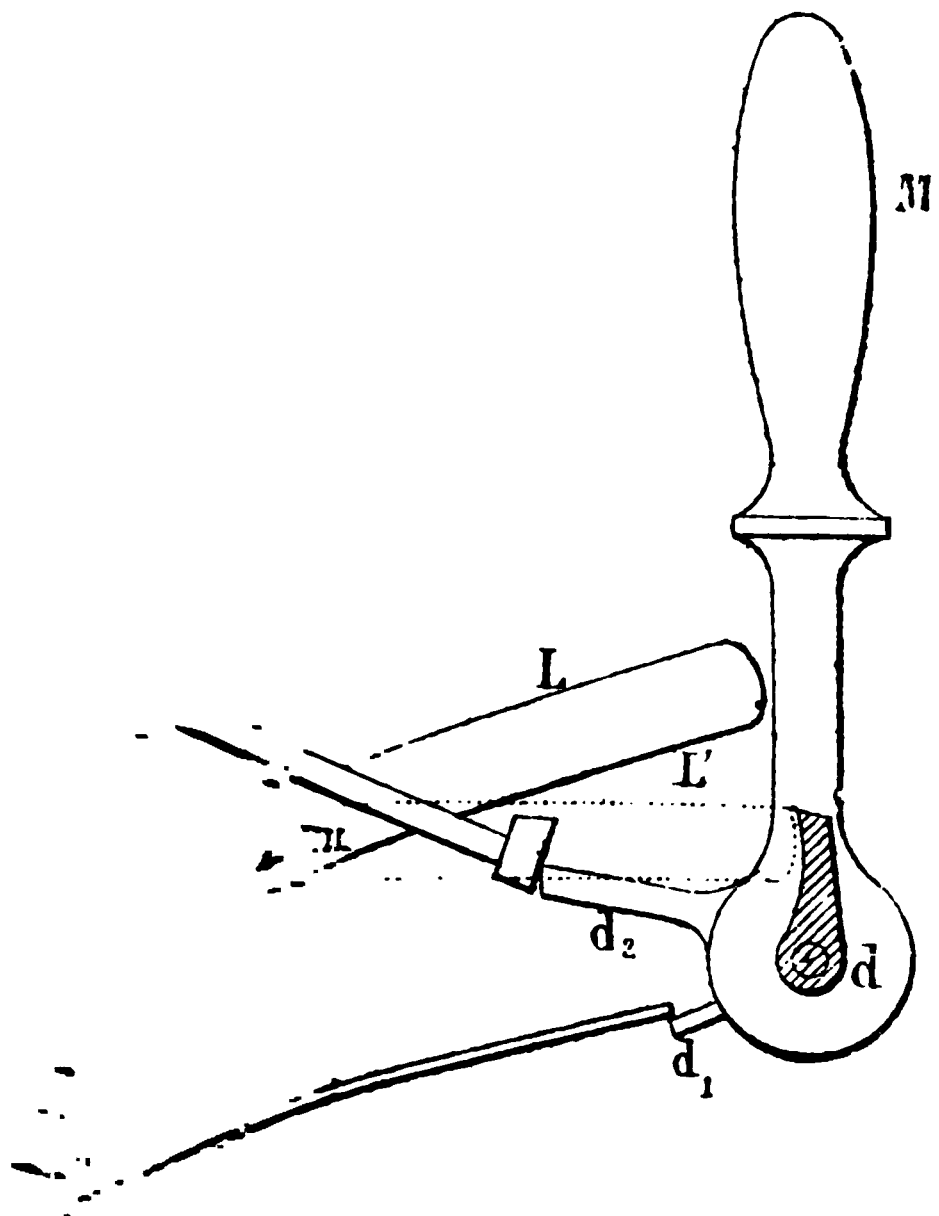


Fig. 11.

... : 2° de faire avancer la bande  
 ... du doigt  $d_1$ , du cliquet  $c_1$  et du  
 ... nouvelle position du prisme, on peut  
 ... de la face qui se présente pourvu  
 ... sur la droite de la lettre perforée sur  
 ...  
 ... blanc se fait sur la touche noire  
 ... la dernière touche blanche d'impression  
 ... de presser.  
 ... pas de lettre à imprimer sur la face du

prisme qui se présente, on donne à la manette le mouvement avant-arrière sans presser sur une touche. On perfore ainsi les deux trous-guides, on fait tourner le prisme de  $1/8$  de révolution et on fait avancer la bande.

### *Transmetteur automatique.*

La bande perforée est placée sur le cylindre D contre lequel elle est pressée par les deux cylindres *d* (fig. 12).

Le cylindre D est formé de douze disques juxtaposés et isolés les uns des autres. Les disques de rang impair communiquent avec une pile positive, les disques de rang pair avec une pile négative. Les disques isolés se trouvent sous un même nombre de ressorts R, également isolés les uns des autres, et qui communiquent, ceux de rang impair avec l'électro-aimant positif du

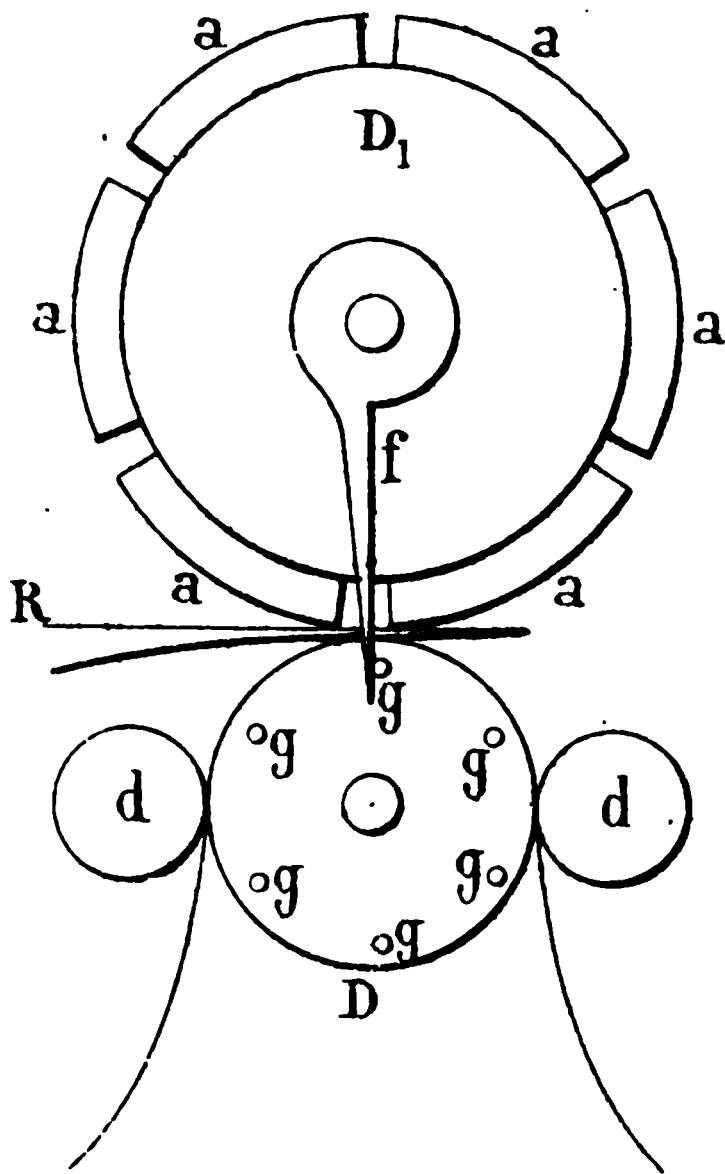


Fig. 12.

poste de départ, ceux de rang pair avec l'électro-aimant négatif.

Un tambour  $D_1$  tourne au-dessus des ressorts. Il porte sur son pourtour six dents, disposées en hélice. Le pas de l'hélice est égal à la distance des deux res-

















d'une pile à gaz, dans laquelle le passage du courant correspond à une diminution proportionnelle de la masse des gaz renfermés sous des cloches. Soit, pour fixer les idées, un voltamètre à eau. Si  $\rho$  et  $\rho'$  désignent les densités des gaz à la température  $\theta$  et à la pression  $p$ ,  $\rho_0$  et  $\rho'_0$  leurs densités à  $0^\circ$  et à la pression  $p_0$  de 760<sup>mm</sup> de mercure, on a, d'après la loi de Mariotte :

$$\frac{p}{\rho} = \frac{p_0}{\rho_0} (1 + \alpha\theta)$$

$$\frac{p}{\rho'} = \frac{p_0}{\rho'_0} (1 + \alpha\theta)$$

D'autre part, soient  $u$  et  $u'$  leurs diminutions de volume par le passage de l'unité d'électricité;  $\varpi = \rho u$  et  $\varpi' = \rho' u'$  les masses correspondantes des gaz recombines. Le travail de la pression sur les masses  $\varpi$  et  $\varpi'$  dont les volumes sont réduits de  $u$  et  $u'$  à des valeurs négligeables (volume liquide occupé par  $\varpi + \varpi'$ ) est égal à  $p(u + u')$ . Ce travail devenant disponible dans le circuit, la force *e. m.* est augmentée d'autant. Or on a :

$$\begin{aligned} p(u + u') &= p \left( \frac{\varpi}{\rho} + \frac{\varpi'}{\rho'} \right) \\ &= p_0 \left( \frac{\varpi}{\rho_0} + \frac{\varpi'}{\rho'_0} \right) (1 + \alpha\theta) \end{aligned}$$

Dans le système C.G.S. la pression de 760<sup>mm</sup> de mercure a pour valeur  $p_0 = 1,033 \times 981.000$  dynes par *cmq.* Les densités de l'hydrogène et de l'oxygène sont :  $\rho_0 = 0,00008958$  et  $\rho'_0 = 16\rho_0$ . Les équivalents électrochimiques  $\varpi$  et  $\varpi'$  correspondant au passage de l'unité électro-magnétique C.G.S. d'électricité (10 coulombs) sont :  $\varpi = \frac{1 \text{ gr}}{9660}$  et  $\varpi' = 8\varpi$ . Donc :







Il en résulte :

$$(7) \quad \Lambda = E - \theta \frac{dE}{d\theta}.$$

et :

$$(8) \quad \frac{\partial c}{\partial q} = - \frac{\partial \Lambda}{\partial \theta} = \theta \frac{d^2 E}{d\theta^2}.$$

*La loi de Thomson :  $\Lambda = E$  doit donc être remplacée par la relation (7).*

*Application numérique.* — On a, pour le couple zinc-sulfate de zinc-sulfate d'argent-argent, les données expérimentales suivantes (\*) à la température de 18 degrés centigrades ( $\theta = 273 \pm 18 = 291$ ) :

$$E = 1^{\text{v}},51 \text{ et } \frac{dE}{d\theta} = - 0^{\text{v}},0012.$$

D'après la relation (7) on doit donc avoir :

$$\Lambda = 1,51 + 291 \times 0,0012 = 1,86.$$

Cette valeur calculée de  $\Lambda$  concorde bien avec la valeur 1,9 mesurée par M. Berthelot.

Pour que la loi de Thomson :  $\Lambda = E$  soit applicable à un couple, il faut, d'après (7), que la variation  $\frac{dE}{d\theta}$  de la force électromotrice avec la température soit nulle. Il en résulte d'après (8) :

$$\frac{\partial c}{\partial q} = 0, \text{ et } \frac{\partial \Lambda}{\partial \theta} = 0.$$

La deuxième condition exprime que la chaleur de combinaison (ou, plus généralement, le coefficient  $\Lambda$ ) des éléments de l'électrolyse doit être indépendante de la température. D'après la première, la chaleur spéci-

(\*) *Bulletin de la Société française de physique*, 1885, p. 180, note de M. Potier.





principale (7) subsiste, *à la condition que les phénomènes irréversibles aient une influence nulle ou négligeable.*

C'est M. Helmholtz qui a fait connaître cette importante relation. Ce n'est là qu'une première correction à apporter à la loi de Thomson; mais elle paraît à peu près suffisante dans un grand nombre de cas, ainsi que tendent à le démontrer les récentes recherches de MM. Chroustchoff et Sitnikoff.

VASCHY.

---



























































de s'exposer à des mécomptes. C'est, du reste, de cette façon qu'on l'a utilisé en Suède et en Suisse. L'économie de fils réalisée, grâce à ce système, est considérable. A Stockholm, en 1888, l'emploi de l'appareil double et quintuple permettait ainsi de desservir 3.730 abonnés avec 3.000 fils seulement, les fils de réserve étant compris.

*(A suivre.)*

E. ESTAUNIÉ.

---





petite bobine d'induction. Le dynamomètre fut rattaché au circuit secondaire. On parla ensuite à 30 ou 40 centimètres de la membrane du microphone; on obtint une impulsion de 48 millimètres.

Dans ces expériences, on émettait un son d'une durée un peu plus longue que la moitié de la durée de l'oscillation du système.

---







Londres à Baldock, sur le Great Northern Railway, dans des conditions électriques semblables et on obtint le même résultat.

On peut admettre comme absolument établi que la conversation est possible entre Londres et Paris.

Aux États-Unis, la correspondance téléphonique se maintient entre New-York et Boston (350 milles = 563<sup>km</sup>), et dans beaucoup de cas, à des distances qui dépassent celle de Londres à Paris; mais on n'a pas eu à surmonter les difficultés créées par la présence de sections souterraines aux extrémités du conducteur et d'un câble au milieu de la ligne.

(Traduit de l'anglais par M. A. Perrin.)

---



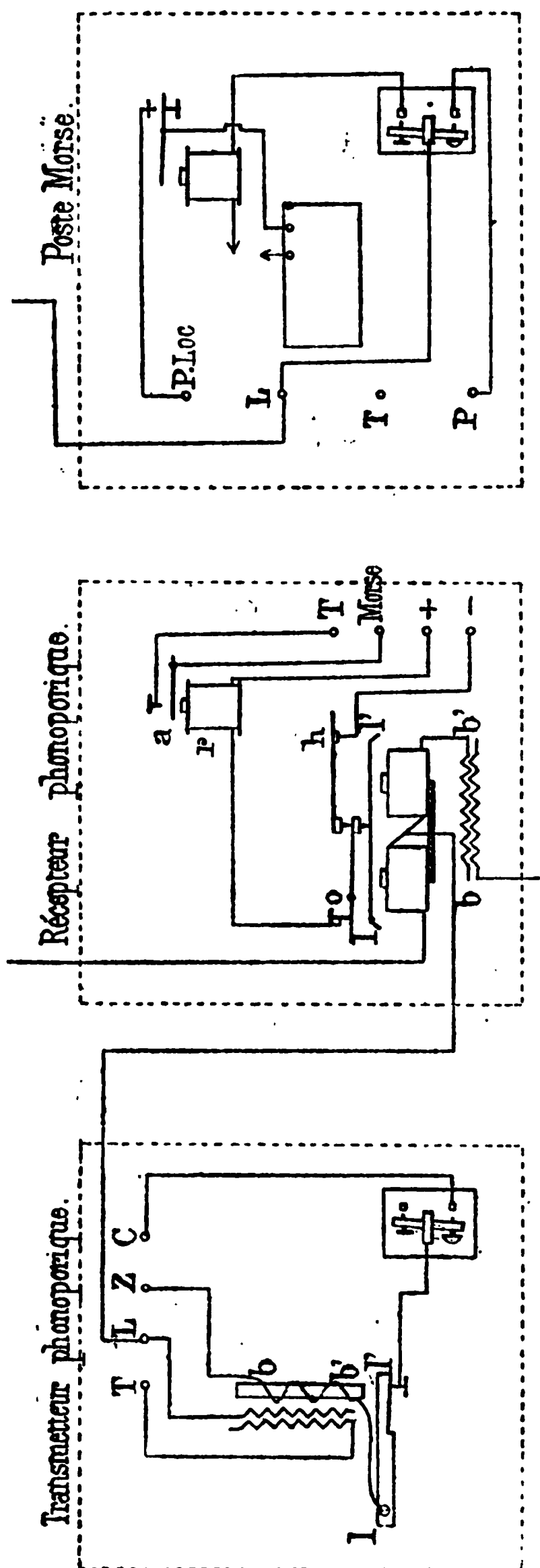


Fig. 1.

lement un bout isolé et l'autre en communication avec le sol T.

Le récepteur est formé d'un électro-aimant polarisé à deux bobines, dont les pièces polaires sont très rapprochées, et dont l'armature est constituée par une lame d'acier *ll'* reposant sur deux petits chevaux. Elle est fixée par ses extrémités à deux pièces métalliques, dont l'une est fixe et l'autre peut être déplacée à l'aide d'un bouton de serrage, comme l'indique la *fig. 2*. Au-dessus de *ll'* se trouve l'extrémité d'un levier mobile, autour du point *O*, sur lequel s'appuie un ressort fixé en *h* (*fig. 1*). Les axes *o* et *h* sont suspendus à des étriers en laiton qui sont























La loi d'Ohm appliquée aux branches  $R_1, R_2, \dots R_{n+1}$ , donne les relations :

$$\left\{ \begin{array}{l} E - V_1 = R_1 i_1 \\ V_1 - V_2 = R_2 i_2 \\ \vdots \\ V_n = R_{n+1} i_{n+1}. \end{array} \right.$$

Quant aux courants de charge des condensateurs, ils ont pour expressions :

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} i_1 - i_2 = C_1 \frac{dV_1}{dt} \\ i_2 - i_3 = C_2 \frac{dV_2}{dt} \\ \vdots \\ i_n - i_{n+1} = C_n \frac{dV_n}{dt}. \end{array} \right.$$

En éliminant  $i_1, i_2, \dots i_{n+1}$  entre les systèmes (1) et (2), on en déduit :

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{ll} \left[ (R_1 + R_2) V_1 + C_1 R_1 R_2 \frac{dV_1}{dt} \right] & -R_1 V_2 = R_1 E \\ -R_3 V_1 + \left[ (R_2 + R_3) V_2 + C_2 R_2 R_3 \frac{dV_2}{dt} \right] & -R_2 V_3 = 0 \\ \vdots & \vdots \\ -R_n V_{n-2} + \left[ (R_{n-1} + R_n) V_{n-1} + C_{n-1} R_{n-1} R_n \frac{dV_{n-1}}{dt} \right] & -R_{n-1} V_n = 0 \\ -R_{n+1} V_{n-1} + \left[ (R_n + R_{n+1}) V_n + C_n R_n R_{n+1} \frac{dV_n}{dt} \right] & = 0 \end{array} \right.$$

On sait que l'intégration de ces  $n$  équations différentielles linéaires à coefficients constants donne pour les  $V_1, V_2, \dots V_n$  des expressions de la forme :

$$V = V_0 + a_1 e^{a_1 t} + a_2 e^{a_2 t} + \dots + a_n e^{a_n t};$$

les constantes  $a_1, a_2, \dots a_n$  dépendant des conditions





premières dérivées. Il viendra :

$$(6) \quad \left\{ \begin{array}{l} A_1 + A_2 + \dots + A_n = -1 \\ A_1 \alpha_1 + A_2 \alpha_2 + \dots + A_n \alpha_n = 0 \\ \vdots \\ A_1 \alpha_1^{n-1} + A_2 \alpha_2^{n-1} + \dots + A_n \alpha_n^{n-1} = 0 \end{array} \right.$$

De ces  $n$  équations du premier degré on tirera les valeurs des inconnues  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . On a ainsi :

$$A_1 \begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_n \\ \alpha_1^2 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_n^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \alpha_1^{n-1} & \alpha_2^{n-1} & \dots & \alpha_n^{n-1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1 & 1 & \dots & 1 \\ 0 & \alpha_2 & \dots & \alpha_n \\ 0 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_n^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & \alpha_2^{n-1} & \dots & \alpha_n^{n-1} \end{vmatrix}$$

Or, le déterminant qui multiplie  $A_1$ , s'annulant lorsque deux coefficients  $\alpha_k$  et  $\alpha_l$  sont égaux, contiendra en facteur toutes les différences telles que  $(\alpha_k - \alpha_l)$ ; et, comme il est de degré  $(n-1)$  par rapport à chacun des coefficients  $\alpha_1, \alpha_2, \dots$  on voit que sa valeur est :

$$(\alpha_2 - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_1) \dots (\alpha_n - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_2)(\alpha_4 - \alpha_2) \dots (\alpha_n - \alpha_2)(\alpha_4 - \alpha_3) \dots (\alpha_n - \alpha_{n-1})$$

De même le déterminant du second membre de la formule précédente est égal à :

$$-\alpha_2 \alpha_3 \dots \alpha_n (\alpha_3 - \alpha_2)(\alpha_4 - \alpha_2) \dots (\alpha_n - \alpha_2)(\alpha_4 - \alpha_3) \dots (\alpha_n - \alpha_{n-1}).$$

Il en résulte :

$$A_1 = - \frac{\alpha_2 \alpha_3 \dots \alpha_n}{(\alpha_2 - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_1) \dots (\alpha_n - \alpha_1)}.$$

ou :

$$(7) \quad -\frac{1}{A_1} = \left(1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_2}\right) \left(1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_3}\right) \dots \left(1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_n}\right).$$

$A_2, A_3, \dots, A_n$  seront donnés par des formules analogues. On peut en calculer une autre expression en

écrivant l'équation (4) :

$$f(\alpha) = f(0) \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha_1}\right) \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha_2}\right) \dots \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha_n}\right).$$

Le second membre de (7) n'est autre chose en effet que la dérivée  $f'(\alpha_1)$  multipliée par  $-\frac{\alpha_1}{f(0)}$ . On a donc :

$$(7') \quad A_1 = \frac{f(0)}{\alpha_1 f'(\alpha_1)}.$$

Nous n'examinerons que le cas où les diverses sections de la ligne artificielle sont identiques, c'est-à-dire où l'on a :

$$\begin{cases} R_1 = R_2 = \dots = R_{n+1} = \frac{R}{n+1} \\ C_1 = C_2 = \dots = C_n = \frac{C}{n} \end{cases}$$

L'équation (4) peut alors s'écrire, en divisant chaque terme du déterminant par  $\frac{R}{n+1}$  :

$$3) \quad \Delta_n = \begin{vmatrix} 2 + \frac{CR\alpha}{n(n+1)} & -1 & 0 & \dots & 0 \\ -1 & 2 + \frac{CR\alpha}{n(n+1)} & -1 & & \\ 0 & -1 & 2 + \frac{CR\alpha}{n(n+1)} & & \\ \vdots & & & \ddots & \\ \vdots & & & & 2 + \frac{CR\alpha}{n(n+1)} & -1 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & -1 & 2 + \frac{CR\alpha}{n(n+1)} \end{vmatrix}$$

En développant  $\Delta_n$  et divisant par  $(n+1)$ , on obtient l'équation :

$$\begin{aligned} \frac{\Delta_n}{n+1} = f_n(\alpha) &= 1 + \frac{n+2}{n+1} \frac{CR\alpha}{1.2.3} + \frac{(n-1)(n+2)(n+3)}{n(n+1)^2} \frac{(CR\alpha)^2}{1.2.3.4.5} \\ &+ \frac{(n-2)(n-1)(n+2)(n+3)(n+4)}{n^2(n+1)^3} \frac{(CR\alpha)^3}{1.2.3.4.5.6.7} + \dots = 0 \end{aligned}$$





On peut exprimer ceci en disant que les coefficients  $R_1, R_2, \dots, R_{n+1}$  des équations (1) et (3) sont remplacés ici par les coefficients symboliques  $\left(R_1 + L_1 \frac{d}{dt}\right), \dots, \left(R_{n+1} + L_{n+1} \frac{d}{dt}\right)$ . Il en résulte que, dans l'équation (4),  $R_1, R_2, \dots$  devront être remplacés par les binômes  $(R_1 + L_1 \alpha), (R_2 + L_2 \alpha) \dots$

Dans le cas où les diverses sections de la ligne sont identiques, c'est-à-dire où l'on a :

$$\begin{cases} R_1 = R_2 = \dots = R_{n+1} = \frac{R}{n+1} \\ L_1 = L_2 = \dots = L_{n+1} = \frac{L}{n+1} \\ C_1 = C_2 = \dots = C_n = \frac{C}{n} \end{cases}$$

l'équation (4) ainsi modifiée devient, en divisant chaque terme du déterminant par  $\frac{R + L\alpha}{n+1}$  :

$$0 = \begin{vmatrix} 2 + \frac{CR\alpha + CL\alpha^2}{n(n+1)} & -1 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ -1 & 2 + \frac{CR\alpha + CL\alpha^2}{n(n+1)} & & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & & 2 + \frac{CR\alpha + CL\alpha^2}{n(n+1)} & -1 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & -1 & 2 + \frac{CR\alpha + CL\alpha^2}{n(n+1)} \end{vmatrix}$$

Ce n'est autre chose que l'équation (8), dans laquelle  $R$  est remplacé par  $(R + L\alpha)$ , ou bien  $CR\alpha$  par  $(CR\alpha + CL\alpha^2)$ . Si donc on désigne par  $\alpha$  une racine de l'équation (8), l'équation (8') admettra deux racines  $\alpha'$  et  $\alpha''$  telles que l'on ait :



plex, etc. Nous n'étudierons ici que le cas où la ligne est simplement prolongée : au poste de départ, par une branche de résistance  $r$  et de self-induction  $l$ , contenant une force *e. m.*  $E$ ; au poste d'arrivée, par une branche de résistance  $r'$  et de self-induction  $l'$ , reliée au sol. Nous ferons d'ailleurs abstraction de la réaction compliquée que développe le travail du récepteur.

Supposons d'abord nulle la self-induction. Les équations (3) subsisteront dans le cas considéré, et l'on aura :

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 = C_2 = \dots \dots \dots C_n = \frac{C}{n} \\ R_2 = R_3 = \dots \dots \dots R_n = \frac{R}{n+1} \\ R_1 = r + \frac{R}{n+1} \quad \text{et} \quad R_{n+1} = r' + \frac{R}{n+1}. \end{array} \right.$$

L'équation (4) devient alors, en divisant chaque terme du déterminant par  $\frac{R}{n+1}$  et remplaçant respectivement, pour abréger,  $\frac{n+1}{R} r$ ,  $\frac{n+1}{R} r'$  et  $\frac{CR\alpha}{n(n+1)}$  par  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon'$  et  $y$  :

$$\left| \begin{array}{cccccccc} (2+y)(1+\varepsilon)-\varepsilon & -(1+\varepsilon) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ -1 & 2+y & -1 & & & & \vdots \\ 0 & -1 & 2+y & & & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & & & \vdots \\ \vdots & & & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & & & 2+y & -1 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & -(1+\varepsilon') & (2+y)(1+\varepsilon')-\varepsilon' \end{array} \right| = 0$$

ou bien, en développant le déterminant par rapport aux termes de la première et de la dernière ligne :

$$(12) \quad (1+\varepsilon)(1+\varepsilon')\Delta_n - [\varepsilon(1+\varepsilon') + \varepsilon'(1+\varepsilon)]\Delta'_n + \varepsilon\varepsilon'\Delta''_n = 0$$































on a dû le réaliser automatiquement au poste intermédiaire. On utilise le retard dû à la propagation du courant sur les lignes pour maintenir le synchronisme.

« Le régulateur de vitesse se compose d'une masse maintenue au repos contre l'axe de rotation par un ressort à boudin dont les spires se touchent sans pression. Une accélération de vitesse a pour effet de décentrer le régulateur ; il en résulte un accroissement considérable de pression sur les paliers, et une augmentation de travail résistant qui ramène la vitesse à la valeur normale. La constance de la vitesse dans ces conditions est remarquable. »

---





















Dans le cours de leurs études, les membres de la conférence avaient été amenés à constater des lacunes dans les publications concernant les organisations étrangères et sur les nouveaux appareils qui sont le plus en faveur dans les autres pays. Suivant un vœu unanime auquel s'est associée l'administration, des missions ont été constituées pour recueillir des renseignements précis sur les systèmes appliqués et les résultats obtenus à l'étranger. Cette enquête ne saurait manquer d'être fructueuse.

Dans le même ordre d'idées, elle a demandé la création d'un atlas du matériel des lignes aériennes. Ce travail a été depuis lors exécuté avec le plus grand soin et constitue la base du portefeuille de l'ingénieur des télégraphes.

L. R.

---

































# DES MATIÈRES.

— ANNÉE 1889.

## Numéro de Janvier-Février.

	Pages
... universel apériodique . . . . .	5
... « actino-électriques » . . . . .	12
... . . . .	24
... . . . .	38
... des particularités, des inconvénients ... des dérivationes entre deux ... . . . .	49
... à l'inter et transmission télépho- ... parole . . . . .	61
... statue d'Ampère, à Lyon . . . . .	84
... résistance électrique constante . . . .	93
... rrique, par Belloc . . . . .	94
... rrique d'électro-chimie, par Do- ... . . . .	94
... rrique industrielle, par MM. Cadiat ... . . . .	95

## Numéro de Mars-Avril.

... administrative et les travaux scien- ... (et suite) . . . . .	97
... téléphoniques . . . . .	115
... de cuivre et magnésium, des ... . . . .	124
... du courant électrique sur une ... . . . .	135
... du courant sur une ligne ... . . . .	148







## CHRONIQUE.

	Pages
Sur la mesure électrochimique de l'intensité des courants.	554
Traitement électrolytique des eaux d'égout . . . . .	556
Sur la phase initiale d'électrolyse. . . . .	558
Sur la polarisation électrolytique par les métaux . . . .	560
Sur l'enroulement des bobines de résistance destinées aux mesures par les courants alternatifs. . . . .	562
Le compteur d'électricité de M. Hookham. . . . .	565
Résistance spécifique du papier. . . . .	566

## BIBLIOGRAPHIE.

L'électricité appliquée à l'art militaire, par le colonel Gun.	567
TABLE DES MATIÈRES. . . . .	568
TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE. . . . .	572

---







## 576 TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE DES MATIÈRES.

matique à l'appareil Hughes (système Parment), 432.

THOMAS. Étude. Expériences d'. Ré-  
pulsions et attractions électro-dynami-  
ques. *Mémoires*, 327.

TRAITEMENT électrolytique des eaux d'é-  
cuz. 556.

TRANSMISSION automatique :

Ses applications à l'appareil Hughes  
système Parment, Thomas, 432.

— de la force par l'électricité. Relevé  
des forces et réseaux existant au 31 dé-  
cembre 1888. H. Pelletier, 262.

— télégraphique de la parole (Gra-  
phophonie de M. S. Tainter et E. Mer-  
cator, 61.

TRANSPORT de force (Relevé des lignes et  
réseaux électriques d'éclairage ou de),  
H. Pelletier, 262.

### V

VALEUR absolue des éléments magnéti-  
ques au 1<sup>er</sup> janvier 1889, 472.

VASCHY. Théorie de la propagation du  
courant sur une ligne électrique, 148.

— Calcul de la force électromotrice des  
Piles hydro-électriques, 461.

— Note sur les lignes télégraphiques ar-  
tificielles, 517.

VIOLLE. Sur l'Electrolyse (en collabora-  
tion avec M. Chassagny), 190.

FIN DES TABLES.

















